
3 3433 06275229 4

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXIV.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

VIER UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST DREI FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1861.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

HUNDERT UND VIERZEHNTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND NEUNZIGSTER.

NEBST DREI FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1861.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

I n h a l t

des Bandes CXIV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

Zweites Stück.

Drittes Stück.

(*Geschlossen am* 7. *November* 1861.)

Viertes Stück

(*Geschlossen am* 7. *Januar* 1862.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von A. Schrauf, Bd. CXII.

S. 591 Z. 22 v. u. statt: unabhängig lies: abhängig

Zum Aufsatz von O. E. Meyer, Bd. CXIII.

S. 59 Z. 5 v. o. statt: Gesetztes lies: Gesetzes
S. 62 Z. 13 v. u. statt: tardirten lies: tordirten
S. 62 Z. 11 v. u. statt: tardirenden lies: tordirenden
S. 66 Z. 10 v. u. statt: vernächlässigt lies: vernachlässigt
S. 73 Gl. (9) statt: $-\frac{3}{4}k$ lies: $-\frac{3}{4}k^3$
S. 222 Z. 15 v. u. statt: 0,741 lies: 0,0741
S. 237 Z. 15 v. o. statt: $2R^3\delta_0 + R_0^4 + 2R_0^3\delta$ lies: $2R^3\delta + R_0^4 + 2R_0^3\delta_0$
S. 423 Z. 11 v. o. statt: weche lies: welche

Zum Aufsatz von Quincke, Bd. BXIII

S. 544 Z. 11 v. u. statt: 0,00002645 lies: 0,0002645
S. S44 Z. 9 v. u. statt: 0,00002606 lies: 0,0002606
S. 584 Z. 11 v. u. statt: Fig. 5 lies: Fig. 7

Zum Aufsatz von A. Schrauf, Bd. CXIV.

S. 222 Z. 4 v. u. statt: Lamellenpolarisation lies: Lamellarpolarisation
S. 230 Z. 8 v. o. statt: 110 lies: 010
S. 231 Z. 11 v. o. statt: $k \pm h$ lies: $k \mp h$
S. 231 Z. 3 v. u. statt: $M^2h^2 + M^2k^2$ lies: $M^2h^2 + 3M^2k^2$
S. 221 Z. 3 v. o. statt: Krystallphysik lies: Krystallophysik

Zum Aufsatz von v. Reichenbach, Bd. CXIV.

S. 110 Z. 10 v. o. ist Lokport auszustreichen
S. 110 Z. 17 v. o. ist Lokport auszustreichen
S. 111 Z. 14 v. o. statt: Fig. 10 lies Fig. 6
S. 484 Z. 12 v. u. statt: Bandeisen lies Balkeneisen
S. 490 Z. 20 v. o. statt: Eisengruben lies: Eisentheilen
S. 487 Z. 7 v. u. ist Lokport auszustreichen
S. 121 Z. 16 v. o. statt: Seras lies: Seres
S. 121 Z. 17 v. o. statt: Eisenstricke lies: Eisengestricke
S. 122 Z. 8 v. u. statt: Clairborne lies: Claiborne
S. 251 Z. 24 v. o. statt: ihrer Löslichkeit des Metalls lies: der Löslichkeit ihres Metalls

S. 254 Z. 21 v. o. statt: zersetztes lies: zerfetztes
S. 254 Z. 11 v. u. statt: Balkens anschliefsen lies: Balkeneisens anschmiegen
S. 256 Z. 11 v. o. ist nach dadurch einzuschalten: von Balken und Fülleisen
S. 260 Z. 4 v. o. ist nach Kamacit einzuschalten: nahe
S. 374 Z 14 v. o. ist das Wort vollkommen auszustreichen

Zum Aufsatz von Matthiessen, Bd. CXIV.

S. 318 Z. 3 v. o. statt: bei 0° C. = 100 lies: bei 0° C. = 226

№. 9. ANNALEN 1861
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXIV.

I. *Untersuchung über die bei Volumveränderung fester Körper entstehenden Wärmephänomene, sowie deren Verhältnifs zu der dabei geleisteten mechanischen Arbeit;* von E. Edlund.

(Gelesen in der Akademie der Wissenschaften zu Stockholm den 14. November 1860.)

1. Vor 11 Jahren stellte Clausius auf theoretische Gründe folgende Behauptung für die mechanische Theorie der Wärme auf: »In allen Fällen, wo mechanische Arbeit durch Wärme entsteht, *verschwindet* oder wird eine Wärmemenge *verbraucht*, welche proportional ist der entstandenen mechanischen Arbeit; und umgekehrt, kann durch Anwendung einer gleich grofsen mechanischen Arbeit dieselbe Wärmemenge wieder hervorgebracht werden.« — Dafs Wärme verschwindet, wenn mechanische Arbeit durch Wasserdampf verrichtet wird, ist bereits auf experimentellem Wege bewiesen worden [1]). In Nachfolgendem werden wir nun unter anderem durch experimentelle Beweise zeigen, dafs derselbe Grundsatz seine volle Gültigkeit hat, wenn mechanische Arbeit durch die Elasticität fester Körper verrichtet wird.

Wenn ein elastischer fester Körper sein Volum während Verrichtung oder Absorbirung mechanischer Arbeit verändert, so verändert sich auch seine Temperatur. Wenn nun hiernach der Körper derselben Volumveränderung unterliegt, ohne dafs äufsere mechanische Arbeit dabei entsteht

1) *Recherches expérimentales sur la valeur de l'équivalent mecanique de la chaleur; par G. A. Hirn. Colmar* 1858.

oder verschwindet, so mufs, wenn die Behauptung des Hrn. Clausius Gültigkeit besitzt, die Veränderung, welche der Körper in der Temperatur erleidet, verschieden seyn von der, welche im ersten Falle entsteht. Da der Körper bei diesen beiden Gelegenheiten in jeder Hinsicht vollkommen dieselbe Veränderung seines Zustandes erlitten, — nur mit dem Unterschiede, dafs in dem einen Falle, während des Vorganges der Veränderung selbst äufsere mechanische Arbeit geleistet oder verschwunden ist, aber nicht in dem zweiten; — so kann der Unterschied zwischen den entstandenen Veränderungen in dem Wärmezustande des Körpers, im Fall eine solche sich zeigt, seinen Ursprung nur von der äufsern mechanischen Arbeit herleiten, welche in einem Falle entstanden oder verschwunden ist, aber nicht im andern. Hierbei mufs man natürlich genau achtgeben, dafs die Volumveränderung des Körpers innerhalb der Elasticitätsgränzen vor sich geht, weil im entgegengesetzten Falle die Körpertheile in ein neues stabiles Gleichgewicht treten, wobei Wärmephänomene entstehen, die der vorstehenden Frage fremd sind.

2. Die Temperaturveränderungen, welche durch Vergröfserung oder Verminderung des festen Körpervolums innerhalb der Elasticitätsgränzen hervorgebracht werden können, sind nur sehr geringe. Hiezu kommt aufserdem noch, dafs der Körper durch Ausstrahlung und durch Berührung mit der Luft bald dieselbe Temperatur wie die ihn umgebenden Körper erhält. Da indessen für die Lösung des Problems diese unbedeutenden Temperaturvariationen mit gehöriger Genauigkeit, wenigstens relativ oder im Verhältnifs zu einander, mufsten gemessen werden können, so war es vor allem nothwendig, einen zweckmäfsigen, auch für die unbedeutendsten Temperaturvariationen empfindlichen Mefsapparat für die Wärme anzuschaffen. Ich bediente mich hierzu der Thermoelektricität[1]). Ein der Aka-

1) Bei den ersten dieser Versuche, die schon im Mai 1860 angestellt wurden, leistete mir Hr. Dr. J J Chydenius seine gütige Beihülfe, für welche ich hiermit meinen freundschaftlichen Dank ablege.

demie der Wissenschaften gehöriges Magnetometer, aus einer dicken Hülse von eisenfreiem Kupfer bestehend, welche mit drei Lagen übersponnenem Kupferdraht umwickelt war, wurde auf die Weise verändert, dafs man den dem Magnetometer gehörigen, dicken Magnet wegnahm und ihn durch zwei, 165^{mm} lange und 5^{mm} dicke Magnetstangen ersetzte, welche astatisch mit einander verbunden und mit einem an diesen festgeschrobenen Spiegel, so in den Apparat gehängt wurden, dafs die obere Nadel oberhalb des auf der Kupferhülse umwickelten Drahtlagers und die untere innerhalb desselben zu hängen kam. Um die obere Nadel gegen Luftzug zu schützen, schlofs man sie in einen kleinen Kasten ein, dessen Wände aus Kupfer und Glas bestanden. Das Nadelsystem sammt dem dazugehörigen Spiegel wurde an einem Coconfaden von 320^{mm} Länge aufgehängt, eingeschlossen in eine auf der obern Seite des Apparats festgeschrobene Messingröhre. Alle Oeffnungen waren so gut als möglich hermetisch geschlossen, so dafs der Raum, in welchem sich Nadeln, Spiegel und Drähte befanden, von dem Aeufsern abgesperrt waren. Die wärmeleitende Kupferhülse hielt die Temperatur der Luft in dem eingeschlossenen Raume so gleich auf allen Stellen, dafs eine störende Einwirkung von Luftströmen im Apparate bei den Versuchen nicht verspürt wurde. Die Bewegungen der Nadel wurden auf die gewöhnliche Weise vermittelst des Fernrohrs beobachtet, welches auf einen so grofsen Abstand von dem Apparat aufgestellt war, dafs ein Scalatheil (= 1^{mm}), obschon etwas verschieden in den verschiedenen Observationsserien, ungefähr 37 Sekunden im Winkel entsprach.

3. Die zu untersuchenden Körper waren drahtförmig. Zu deren Ausdehnung gebrauchte man einen Apparat von folgender einfachen Beschaffenheit: Ein dicker eichener Balken (Fig. 1 Taf. I) 2,5^{m} lang, 120^{mm} breit und 70^{mm} dick, welcher vertical in einen Thürrahmen festgeschroben wurde, war an seinem obern Ende mit einem hervorstehenden, dicken eisernen Arm (*a*) versehen, in welchem die obern

Enden der Drähte festgeschroben wurden. 600^{mm} darunter war am Balken eine Axe von Messing (*b*) festgeschroben. Um diese Axe bewegte sich ein Hebel (*a'a"*) 475^{mm} lang, dessen obere Seite vollkommen eben war. Dieser Hebel wurde durch ein auf der Seite der Axe hängendes Gegengewicht balancirt. Auf diesem Hebel konnte ein Messinggehäng (*c*), welches die Gewichte (*d*) trug, womit die Drähte gespannt werden sollten, auf einer kleinen Rolle (*e*) hin- und hergeschoben werden. An dem untern Ende der Drähte wurde eine Klammer von Stahl (*f*) festgeschroben, in welcher ein rundes Loch gebohrt war. Auf der dem Eichenbalken zugewendeten Seite war der Hebel mit einer Gabel versehen, durch deren beide Schenkel gleich grofse horizontale, sich gerade gegenüber und winkelrecht gegen die Länge des Hebels zu stehende Löcher gebohrt waren. Das untere Ende des Drahts wurde an dem Hebel auf die Weise befestigt, dafs die Stahlklammer, nachdem der Draht darin festgeschroben worden war, in die genannte Gabel eingeführt wurde, so dafs die Löcher sich gerade gegenüber kamen, worauf ein mit einem Knopf versehener Stahlcylinder von der Vorderseite des Hebels durch das Loch gesteckt wurde. Um mit Genauigkeit den Winkel messen zu können, den der Hebel während der Ausdehnung oder Zusammenziehung der Drähte beschrieb, war der Hebel mit einem Spiegel (*g*) versehen, in welchem man eine Scala mit einem Fernrohr ablas. Ein Scalatheil (= 1^{mm}) entsprach einem Winkel von 47,6 Sekunden. Da der gröfste Winkel, den der Hebel während der verschiedenen Versuche beschrieb, niemals 2 Grade ausmachte, und da zugleich der Hebel bei der mittelsten Belastung aller Versuchsserien beinahe horizontal war, so kann man, ohne einen merkbaren Fehler zu begehen, die Verlängerungen oder Verkürzungen der Drähte proportional mit den Winkeln ansehn, was hier gleich mit den im Fernrohre gelesenen Scalatheilen ist. Der Abstand von dem Punkte, an welchem der Draht befestigt war, bis zur Mitte der Hebel-Axe betrug 51^{mm}. Wenn der Hebel horizontal lag, betrug der Winkel,

der durch eine durch den Mittelpunkt der Axe bis zum Festpunkte der Drähte gezogene Linie mit der Horizontallinie gebildet wurde 12° 30'. Auf diese Weise gerechnet betrug die Verlängerung der Drähte, welche einen Scalatheil im Fernrohre entspricht, 0,0114^{mm}. Die Länge der Drähte belief sich bei allen Versuchen ungefähr auf 590^{mm}.

4. Die Construction des thermoelektrischen Apparats, der an den Drähten applicirt wurde, um die Temperaturvariationen anzugeben, unterlag Anfangs mehreren Veränderungen. Nachfolgende Construction wurde als die wirklich zweckmäfsigste befunden: *h* und *h'* (Fig. 2 Taf. I) sind zwei kleine cylindrische Hülsen von Knochen, welche mit Flänsen (*k* und *k'*) versehen und der Länge nach durchbohrt sind. An den äufsern Enden sind diese Löcher mit Gewinden versehen und darin zwei Kupferschrauben (*l* und *l'*) eingeschroben. Damit diese Schrauben während der Versuche unverrückt blieben, war jede mit einer Hemmmutter versehen (*o*, *o'*). Mit diesen Schrauben stehen Drähte in Verbindung, die nach dem Magnetometer führen. In die eine Knochenhülse ist ein Wismuthkrystall und in die andere ein Krystall von Antimon eingelegt (beide zu einer cylindrischen Form abgeschliffen), so dafs die Krystalle mit den äufsern Enden an die Enden der Kupferschrauben stofsen und mit den innern über die Knochenhülsen hervorragen [1]).

1) Die Ursachen, weshalb ich nach einigen vorherigen Versuchen schliefslich *Krystalle* von Wismuth und Antimon anstatt gewöhnlicher Stangen dieser Metalle gebrauchte, waren folgende. Bricht man eine solche Stange entzwei, so gewahrt man in dem krystallinischen Bruche, dafs die kleinen Krystalle alle möglichen Lagen gegeneinander haben. Nun aber ist die thermoelektrische Kraft bei diesen Krystallen verschieden bei den verschiedenen Krystallisationsflächen. Wenn man daher zu zwei verschiedenen Malen denselben Draht im Apparat festschraubt, so erhält man nur dieselbe elektromotorische Kraft, so bald der Draht bei beiden Gelegenheiten genau dieselben Stellen der Stapelstangen berührt. Schraubt man den Apparat ungleich stark zu, so dafs der Draht einmal mehr als das anderemal eingedrückt wird, so kann dadurch auch eine ungleiche elektromotorische Kraft entstehen, da die Drähte dabei in Berührung mit andern Krystallflächen kommen. Diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn man Krystalle anwendet.

Auf jede Knochenhülse wurde eine gehämmerte Messingfeder (*mm*, *m'm'*) gesetzt, welche in der Mitte ein so groſses Loch hatte, daſs der Knochencylinder, doch nicht die an dessen Enden sich befindenden Fläusen, hindurchgehen konnte. Diese Messingfedern konnten mit drei Schrauben zusammengeschroben werden, die durch die Löcher *nnn*, *n'n'n'* gingen, von denen die in den Federn *mm* Gewinde hatten. Als der thermoelektrische Apparat gebraucht wurde, setzte man den Draht zwischen die beiden Krystall-Enden und schrob die Schrauben zu. Durch die Elasticität der Messingfedern wurde der Druck gegen die Drähte unverändert beibehalten. Um aber die Drähte so viel als möglich gegen fremde Temperaturwechsel zu schützen, wurden dieselben von einem Holzschranke umgeben (*B*), dessen Vorderseite aus einer Glasthür bestand (*C*). Um wenigstens in Etwas überall im Schranke eine gleichmäſsige Lufttemperatur beizubehalten, war derselbe inwendig mit Stanniol belegt.

5. Wie die Ausschlagswinkel der Magnetnadel sich zu den Temperaturvariationen der Drähte verhalten, kann man am besten auf folgende Weise zeigen: Man lasse *m* den Einfluſs der erdmagnetischen Kraft auf das Nadelsystem bedeuten, dividirt mit dem Trägheitsmoment des letztern, *k* den Einfluſs des thermoelektrischen Stromes, der durch die Einheit des Temperatur-Ueberschusses entsteht, und $2n$ einen Faktor, abhängig von der durch die dicke Kupferhülse und dem Drahtlager verursachten Dämpfung, diese beiden letztern Quantitäten ebenfalls dividirt mit dem Trägheitsmoment; so erhält man zum Berechnen der Bewegungen des Nadelsystems, da x den variabeln Ausschlagswinkel bedeutet, (welche, da diese sehr klein sind, für den Sinus gesetzt werden können), t die Zeit und v den Wärme-Ueberschuſs bei der Zeit t:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -mx + kv - 2n\frac{dx}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Der Wärmeverlust, der bei den Drähten durch Ausstrahlung und Berührung mit der Luft entsteht, kann, da die Temperatur-Ueberschüsse so gering sind, als proportio-

mal mit dem Temperatur-Ueberschusse angesehen werden. Wenn a den Wärmeverlust während der Zeiteinheit bei dem Einheits-Wärmeüberschusse bedeutet, so hat man folglich

$$dv = -avdt.$$

Nennt man v_0 den Temperatur-Ueberschufs, der durch die Volumveränderung der Drähte am Anfange der Oscillation sich entwickelt, so erhält man:

$$v = v_0 e^{-at} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Setzt man diesen Werth von v in die Gleichung (1) so wird:

$$\frac{dx^2}{dt^2} = -mx + kv_0 e^{-at} - 2n\frac{dx}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Wird diese Gleichung integrirt, so erhält man:

$$x = e^{-nt}\left(C\cos(t\sqrt{m-n^2}) + C_1 \sin(t\sqrt{m-n^2})\right)$$
$$+ \frac{kv_0 e^{-at}}{a^2 - 2an + m} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und

$$\frac{dx}{dt} = h = (C_1\sqrt{m-n^2} - nC)\cos(t\sqrt{m-n^2})\, e^{-nt}$$
$$- (C\sqrt{m-n^2} + nC_1)\sin(t\sqrt{m-n^2})\, e^{-nt}$$
$$- \frac{kav_0}{a^2-2an+m} e^{-at} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Wenn in den Gleichungen (4) und (5) die Constanten so bestimmt werden, dafs x und h zugleich mit t Null werden, so erhält man

$$h = \frac{kav_0}{a^2-2an+m}\cos(t\sqrt{m-n^2})\, e^{-nt}$$
$$+ \frac{kv_0(m-an)}{\sqrt{m-n^2}(a^2-2an+m)}\sin(t\sqrt{m-n^2})\, e^{-nt}$$
$$- \frac{kav_0}{a^2-2an+m} e^{-at} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

und

$$x = \frac{kv_0}{a^2-2an+m} e^{-at}$$
$$+ \frac{kv_0(a-n)}{\sqrt{m-n^2}(a^2-2an+m)}\sin(t\sqrt{m-n^2})\, e^{-nt}$$
$$- \frac{kv_0}{a^2-2an+m}\cos(t\sqrt{m-n^2})\, e^{-nt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Wenn in der Gleichung (6) die Geschwindigkeit (h) gleich Null gemacht wird, so erhält man die Zeit, welche die Nadel zu einem Ausschlag gebraucht. Da kv_0 als Faktor in alle Termen eingeht, so kann dieser hinwegdividirt werden, und diese Gleichung zeigt folglich, dafs die Oscillationszeit unabhängig von der Wärmemenge ist, welche bei Beginn der Oscillationszeit im Drahte entwickelt wird. Da dagegen a eine Veränderung von einem Drahte zum andern unterliegen kann, so kann die Oscillationszeit, wenn verschiedene Drähte als Wärmequelle benutzt werden, etwas variiren. Wenn die von v_0 für einen und denselben Draht unabhängige Ausschlagszeit in die Gleichung (7) gesetzt wird, so erhält man die Gröfse des Ausschlags. Da in dieser Gleichung kv_0 als Faktor in alle Termen eintritt, so folgt daraus, dafs für denselben Draht *die Ausschläge proportional mit den entwickelten Wärmemengen sind.* Bei vorstehender Rechnung hat man angenommen, dafs sich die Wärmemenge v_0 in dem Augenblicke entwickelt, da die Nadel sich zu bewegen beginnt; was nicht ganz exact seyn kann, weil eine gewisse, wenn auch noch so geringe Zeit im Verhältnisse zur Oscillationszeit der Nadel, für die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Drähte vergeht, da die Gewichte auf dem Hebel hin- und hergeführt werden. Dafs diefs indessen keinen merkbaren Einflufs auf die Oscillationsamplitude hat, wird dadurch bewiesen, dafs man denselben Ausschlag erhält, wenn die Gewichte von der Axe des Hebels nach dessen Ende oder umgekehrt entweder in 6 oder 2 Sekunden gefunden wurden. Die Zeit also, welche die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Drähte beansprucht, übt sonach, vorausgesetzt, dafs sie an Länge nicht eine gewisse Gränze überschreitet, keinen wesentlichen Einflufs auf die Gröfse des Ausschlags aus. Aufserdem ist bei der Rechnung vorausgesetzt worden, dafs der thermoelektrische Strom proportional mit den Temperaturvariationen der Drähte ist; eine Voraussetzung, die mit Grund als richtig angenommen werden darf, da alle jene vorkommenden Variationen sehr gering sind. Dafs übrigens

das Resultat oben stehender Berechnung bezüglich der Abhängigkeit des Ausschlages von der entwickelten Wärmemenge richtig ist, wird experimentell durch die Versuche selbst bewiesen. Am leichtesten kann dieser Beweis folgender Weise geführt werden: Man dehnte einen Stahldraht (Klaviersaite) dadurch aus, dafs man die Gewichte bis zum äufsersten Ende des Hebels führte. Als die Nadel zur Ruhe gekommen war, wurde das Gewicht wieder zur Axe des Hebels geführt. Dabei zog sich der Draht zusammen und entwickelte Wärme, welche den Magnet in Bewegung setzte. Die Zahlen, welche in der ersten Reihe der folgenden Versuchsserien stehen, bezeichnen die Gleichheitslagen der Nadel vor den Observationen; und die in der zweiten Reihe die Punkte auf der Scala, zu welchen die Nadel sich wandte. Der Unterschied zwischen beiden macht sonach den durch die Wärme verursachten Ausschlag aus:

372,5	368,5	363,0	364,0	378,0	380,0
435,0	430,5	428,5	429,0	444,0	442,5
62,5	62,0	65,5	65,0	66,0	62,5
389,0	395,0				
451,0	458,0	Medium = 63,56.			
62,0	63,0.				

Hierauf wurden dieselben Gewichte von dem äufsersten Ende des Hebels nach *a'* geführt. Dabei erhielt man folgenden Ausschlag:

364,5	344,0	347,0	348,5	365,5	366,0
387,0	367,0	371,0	370,5	388,5	389,5
22,5	23,0	24,0	22,0	23,0	23,5
368,5	362,0				
392,0	385,5	Medium = 23,13.			
23,5	23,5.				

Als man die Gewichte von *a'* nach *a''* führte, wurde das Verhältnifs folgendes:

358,0	361,5	360,0	347,0	336,5	364,0
384,5	387,5	386,0	373,0	363,0	389,5
26,5	26,0	26,0	26,0	26,5	25,5
362,0	363,0				
387,5	388,0	Medium = 25,88.			
25,5	25,0.				

Endlich wurden die Gewichte von $a_{\prime\prime}$ nach der Axe des Hebels geführt, wodurch folgende Zahlen erhalten wurden:

363,0	360,0	360,0	373,0	377,5	378,0
379,0	374,5	375,0	388,0	393,0	393,5
16,0	14,5	15,0	15,0	15,5	15,5
383,0	375,0				
397,0	388,5	Medium = 14,88.			
14,0	13,5.				

Die Summe der drei letzten Media beträgt 63,89 und unterscheidet sich sonach nur mit 0,33 von dem ersten Medium. Diese Zahlen können also als vollkommen gleich grofs angesehen werden. Angenommen der Ausschlag sey eine beliebige Funktion (f) der entwickelten Wärme. Nennt man dann die sich entwickelnde Wärme durch Führung der Gewichte vom Ende des Hebels bis zur Axe V und den entsprechenden Ausschlag X, so hat man

$$X = f(v)$$

Wenn v, $v_{\prime}$, $v_{\prime\prime}$; x, $x_{\prime}$ und $x_{\prime\prime}$ entsprechende Bedeutung haben, für den Fall, dafs die Gewichte von dem Ende des Hebels bis a', von a' nach a'' und von a'' bis zur Axe geführt werden, so ist auf dieselbe Weise

$$x = f.(v); \; x_{\prime} = f(v_{\prime}); \; x_{\prime\prime} = f(v_{\prime\prime})$$

Aber nun ist nach obigen Observationen $x + x_{\prime} + x_{\prime\prime} = X$; und daraus folgt, dafs

$$f(v) + f(v_{\prime}) + f(v_{\prime\prime}) = f(V)$$

Die sich während der Führung der Gewichte vom Ende des Hebebaumes bis zur Axe entwickelnde Wärme, mufs gleich grofs seyn mit der Summe der Wärme, welche sich

entwickelt, wenn sie vom Ende bis a', von a' bis a'' und von a'' bis zur Axe geführt werden. Man hat sonach $v + v_{,} + v_{,,} = V$; und sodann

$$f(v) + f(v_{,}) + f(v_{,,}) = f(v + v_{,} + v_{,,})$$

Wenn dieser Bedingung Genüge gethan werden soll, so mufs f eine Constante seyn. Experimentell ist sonach bewiesen, dafs

$x = mv$; wo m eine Constante ist.

Wir gehen nun zu den eigentlichen Observationen über.

6. Ein Stahldraht (Klaviersaite) von $1{,}14^{\text{mm}}$ in Diameter wurde in den Apparat eingesetzt. Der Draht wurde dadurch ausgedehnt, dafs man nachverzeichnete, in schwedische Pfunde ausgedrückte, Gewichte mit einer Schnur von der Axe des Hebels bis zu dessen äufserstem Ende führte. Der Draht hatte also bei der Ausdehnung einen Verlust äufserer mechanischer Arbeit verursacht. Als darauf die Gewichte zur Axe zurückgeführt wurden, zog sich der Draht zusammen, und verrichtete dadurch eine ebenso grofse mechanische Arbeit, als bei der Ausdehnung verloren ging. Endlich wurde der Draht von neuem gespannt, und, nachdem die Nadel in Ruhe gekommen war, zog man mit einer Schnur den obenerwähnten Stahlcylinder heraus, der die Stahlklammer, in welcher das untere Ende des Drahtes eingeschoben war, an dem Hebel festhielt. Dieser letztere fiel darauf auf den Absatz (p) und der Draht zog sich ebensoviel wie im erstern Falle zusammen, doch ohne dabei eine andere mechanische Arbeit zu verrichten, als die, welche das Heben des eigenen Gewichtes und der daran festgeschrobenen Stahlklammer erforderte. — Die Kolumne a giebt die Gleichgewichtslage der Nadel vor der Ausdehnung des Drahtes an, b den Wendepunkt der Nadel, u den Ausschlag bei der Ausdehnung des Drahtes; a' die Gleichgewichtslage der Nadel vor Zusammenziehung des Drahtes beim Verrichten von mechanischer Arbeit, b' den Wendepunkt der Nadel, und u' den Ausschlag bei Zusammenziehung des Drahtes. Die Kolumnen $a_{,}'$, $b_{,}'$ und $u_{,}'$ geben die

entsprechende Zahl für den Fall an, dafs der Draht von dem Hebel freigemacht wird und sich sonach zusammenzieht, ohne mechanische Arbeit zu verrichten. Die Kolumne *c* nimmt die Zahlen auf, welche in dem Fernrohre zur Bestimmung der Ausdehnung des Drahtes abgelesen wurden. Bei Ausdehnung des Drahtes erhielt die Nadel eine Bewegung entgegengesetzter Richtung gegen die, welche bei dessen Zusammenziehung entstand. Im erstern Falle entstand eine Abkühlung; im letztern eine Erwärmung. Bei der ersten Versuchsserie wurde der Strom mit einem Kommutator umgeworfen, so dafs die abgelesenen Zahlen nach derselben Seite der Gleichgewichtslage fallen.

a	b	u	a'	b'	u'	a'_1	b'_1	u'_1	c
				Belastung = 11,848.					
257,0	209,0	48,0	279,0	233,0	46,0	282,0	185,0	97,0	769,0
258,0	210,0	48,0	282,0	239,0	43,0	294,0	195,0	99,0	767.0
262,0	217.0	45,0				297,0	206,0	91,0	773,0
283,0	238,0	45,0	288,0	239,0	49,0	298,0	199,0	99,0	775,0
	Medium	46,5			46,0			96,5	771,0
				Medium von u und u' = 46,3.					
				Belastung = 6,665.					
282,0	253,0	29,0	300,0	275,0	25,0	316,0	272,5	43,5	718,0
280,0	253,5	26,5	295,0	270,0	25,0	317,0	276,0	41,0	716,5
			299,0	269,0	30,0	326,0	286,0	40,0	718,5
290,0	259,0	31,0	277,5	244,0	33,5	323,0	281,0	42,0	715,0
267,0	233,0	34,0	280,0	254,0	26,0				716,0
254,0	228,0	26,0	290,0	267,0	23,0				716,0
	Medium	49,3			27,1			41,6	716,7
				Medium von u und u' = 28,2.					
				Belastung = 8,393.					
260,0	226,0	34,0	299,0	271,0	28,0	307,0	250,0	57,0	735,0
256,0	221,0	35,0	305.0	277,0	28,0	308,0	254,5	53,5	736,5
250,0	213,5	36,5	300,0	262,0	38.0	310,0	257,0	53,0	735,0
256,0	222,5	33,5	316,5	286,5	30,0	308,0	258,0	50,0	736,5
259,5	225,0	34,5	323,5	288,5	35,0	316,0	259,0	57,0	736,0
252,0	222,0	30,0	320,0	280,0	40,0	315,0	258,5	56,5	736,5
	Medium	33,9			33,2			54,5	735,9
				Medium von u und u' = 33,5.					

Belastung = 10,242.

a	b	u	a'	b'	u'	a_1'	b'_1	u_1'	c
296,0	259,0	37,0	319,0	275,0	44,0	334,0	260,0	74,0	756,5
303,5	256,0	47,5	329,0	289,0	40,0	342,5	268,5	74,0	752,5
299,0	258,5	40,5	338,0	293,0	45,0	349,0	276,5	72,5	755,0
326,0	279,0	47,0	357,0	321,0	36,0	349,0	274,5	75,0	757,0
317,0	277,0	40,0	345,0	300,5	44,5	358,0	283,5	74,5	756,5
326,0	285,0	41,0	336,0	292,5	43,5				756,5
	Medium	42,2			42,2			74,0	755,7

Medium von u und u' = 42,2.

Belastung = 13,758.

a	b	u	a'	b'	u'	a_1'	b'_1	u_1'	c
275,0	217,0	58,0	299,0	243,0	56,0	325,0	203,0	122,0	786,0
294,0	234,0	60,0	321,0	271,0	50,0	355,0	243,0	112,0	790,0
291,0	235,0	56,0	332,0	273,0	59,0	329,0	216,0	113,0	793,0
338,0	281,0	57,0	331,0	276,0	55,0	338,0	221,0	117,0	788,0
337,0	284,0	49,0	285,5	231,0	54,5	329,5	214,0	115,5	798,0
			286,0	232,5	53,5	340,0	223,0	117,0	794,0
	Medium	56,0			54,7			116,1	791,5

Medium von u und u' = 55,3.

Aus Obenstehendem zeigt sich, dafs u und u' bei derselben Belastung innerhalb der Gränzen der Observationsfehler gleich grofs sind. Wie schon erwähnt, entsteht u von einer Abkühlung, u' aber von einer Erwärmung des Drahtes. Wenn der Stahldraht gedehnt wird, entsteht also eine Abkühlung, und wenn er sich dann wieder zu seinem ursprünglichen Volum *und der Verrichtung äufserer mechanischer Arbeit* zusammenzieht, entsteht eine Erwärmung, welche mit der Abkühlung im ersten Falle gleich grofs ist[1]).

1) So weit ich habe finden können, hat W. Weber zuerst bewiesen, dafs Metalle bei Ausdehnung sich abkühlen und bei Zusammenziehung sich erwärmen. (Pogg. Ann. Bd. XX, 177.) Weber fand nämlich, dafs vibrirende Metallsaiten während der ersten Sekunden ihrer Spannung einen höhern Ton angeben, als der, welcher eine Zeit lang nach der Spannung hervorkommt; sowie, dafs wenn die Spannung plötzlich vermindert wird, der Ton in den ersten Sekunden darauf tiefer war, als er später wurde. Da die Tonveränderung in beiden Fällen eine gleiche war, so schlofs Weber daraus, dafs bei Ausdehnung des Drahtes eine Abkühlung entsteht, die gleich grofs mit der Erwärmung beim Zusammenziehen ist. Nach einer Notiz im *Philosophical Magazine* 4. *Ser. T. XIV, p.* 226—227 hat Joule diefs bestätigt gefunden. Dafs feste Körper sich bei Ausdehnung abkühlen und bei Zusammenziehung

Wenn man nun zur Erhaltung einer sichereren Bestimmung dieser Abkühlung und Erwärmung das Medium der Zahlen nimmt, die man für dieselbe Belastung erhält, und berechnet diese Media unter Voraussetzung, dafs sie nach der Gleichung $x = 4{,}021\ p$, der Belastung proportional sind, so erhält man folgendes Resultat:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied zwischen
	Observ	Berechn.	Observ. u Berechn.
6,665	28,2	26,8	— 1,4
8,393	33,5	33,7	+ 0,2
10.242	42,2	41,2	— 1,0
11,848	46,3	47,6	+ 1,3
13,758	55,3	55,3	± 0,0

Hieraus folgt also, dafs die Temperaturveränderung, welche durch Ausdehnung des Drahtes oder durch Zusammenziehung desselben mit Belastung entsteht, proportional mit dem Gewichte ist, wodurch die Spannung verursacht wird.

Wenn obenstehende, berechnete Zahlen, wodurch die Abkühlung des Drahtes bei Ausdehnung oder dessen Erwärmung bei Zusammenziehung unter Verrichtung mechanischer Arbeit ausdrücken, von den Zahlen, welche bei Zusammenziehung des Drahtes *ohne* Verrichtung mechanischer Arbeit beobachtet wurden, subtrahirt werden, so erhält man folgende Reste: 14,8; 20,8; 32,8; 48,9 und 60,8. Werden diese Reste unter der Voraussetzung berechnet, dafs sie den Quadraten der spannenden Gewichte laut der Gleichung $= 0{,}3221\ p^2$ proportional sind: so erhält man folgende Resultate:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied zwischen
	Observ.	Berechn.	Observ. u. Berechn.
6,665	14,8	14,3	— 0,5
8,393	20,8	22,7	+ 1,9
10,242	32,8	33,8	+ 1,0
11,848	48,9	45,2	— 3,7
14,758	60,8	61,0	+ 0,2

erwärmen, wird auch durch meine Versuche bestätigt; allein wenn die Erwärmung in einem Falle gleich grofs mit der Abkühlung im andern wird, so beruht diefs darauf, in wie weit der Körper bei Zusammenziehung mechanische Arbeit verrichtet oder nicht.

Wenn die Zahlen in der Kolumne *c*, welche die Gröfse der Ausdehnung des Stahldrahtes angeben, mit der Annahme berechnet werden, dafs die Ausdehnung mit der Belastung proportional ist, laut der Gleichung $x = 646,3 + 10,6p$, so erhält man folgende Zahlen:

Belastung.	Streckung. Berechn.	Streckung. Beob.	Unterschied.
6,665	716,9	716,9	± 0,0
8,393	735,3	735,9	— 0,6
10,242	754,9	755,7	— 0,8
11,848	771,9	771,0	+ 0,9
13,758	792,1	791,5	+ 0,6

Hieraus folgt sonach, dafs die Ausdehnung proportional mit der Belastung ist.

Wenn p' die Belastung bezeichnet, welche den Draht spannt, während derselbe sich das Wegelement dx zusammenzieht, so ist

$$\int p'dx;$$

wenn das Integral zwischen den Gränzen $x = o$ und $x =$ dem Werthe der gröfsten Ausdehnung genommen wird, die mechanische Arbeit, welche während der Zusammenziehung verrichtet wird. Allein nun ist den letztgenannten Beobachtungen nach $dx = 10,6\,dp'$. Folglich wird der Ausdruck für die mechanische Arbeit:

$$10,6\int_{p'=o}^{p'=p} p'\,dp' = 5,3\,p^2$$

Aber die Observationen geben an, dafs die oben erwähnten Zahlenreste proportional mit den Quadraten der spannenden Gewichte sind. Sonach folgt hieraus, dafs, wenn die Zusammenziehung des Stahldrahts, *ohne* dafs dabei mechanische Arbeit verrichtet wurde, stattfand, mehr Wärme frei wurde, als da der Draht sich *mit* Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzog, und dieser Wärme-Ueberschufs war proportional mit der im letzteren Falle verrichteten Arbeit.

7. Bei der zweiten Versuchsserie wurde ein anderer Stahldraht angewandt, doch von demselben Diameter als der vorige. Der hier angewandte thermoelektrische Apparat war etwas verschieden von dem, welcher beim ersten Versuche angewandt wurde. Die Leitungsdrähte zum Magnetometer waren bedeutend dicker und sonach der Leitungswiderstand geringer als vorher. Der Strom wurde nicht mehr mit dem Kommutator umgeworfen. Die Buchstaben in den Kolumnenrubriken behalten ihre Bedeutung unverändert.

a	b	u	a'	b'	u'	a'_1	b'_1	u'_1	c
				Belastung = 10,242.					
314,0	238,0	76,0	312,0	385,0	73,0	309,0	426,0	117,0	804,0
314,0	238,0	76,0	310,0	386,0	76,0	325,0	444,0	119,0	805,0
320,0	245,0	75,0	310,0	387,0	77,0	315,0	438,0	123,0	802,0
314,0	237,0	77,0				340,0	450,0	110,0	
						328,5	440,5	112,0	
						30,90	428,0	119,0	
	Medium	76,0			75,3			116,7	803,7
				Medium von u und u' 75,7.					
				Belastung = 4,802.					
301,0	274,5	36,5	310,0	348,0	38,0	295,0	338,0	43,0	743,0
304,0	268,5	35,5	305,0	339,5	34,5	293,0	333,0	40,0	741,0
344,0	314,0	30,0	372,0	405,5	33,5	309,0	349,0	40,0	740,0
						324,5	366,0	41,5	
						313,0	358,5	45,5	
						325,0	372,5	47,5	
	Medium	34,0			35,3			42,9	741,3
				Medium von u und u' = 34,7.					
				Belastung = 3,036.					
346,0	328,0	18,0	349,0	369,0	22,0				720,0
345,0	322,0	23,0	345,0	366,5	21,5				719,0
340,0	315,0	25,0	340,0	363,0	23,0				719,0
	Medium	21,5			21,5				719,3
				Medium von u und u' = 21,8.					
				Belastung = 6,665.					
326,0	280,5	45,5	326,0	375,0	49,0	330,0	392,0	62,0	759,0
329,0	283,5	45,5	325,0	372,5	47,5	331,0	393,0	62,0	759,0
315,0	268,0	47,0	309,0	355,5	46,5	321,5	384,0	62,5	760,0
						337,0	402,0	65,0	
						337,0	399,0	62,0	
						330,0	366,0	66,0	
	Medium	46,0			47,7			63,3	759,3
				Medium von u und u' = 46,8.					

a	b	u	a'	b'	u'	a'_1	b'_1	u'_1	c
				Belastung = 11,848.					
303,0	223,0	80,0	303,0	401,0	98,0	303,0	446,5	143,5	818,0
288,0	201,5	86,5	305,0	393,0	88,0	310,0	447,0	137,0	820,0
330,0	249,0	81,0	315,0	402,0	87,0	326,0	461,5	135,5	819,0
						324,0	461,0	137,0	
						327,0	457,0	130,0	
						327,0	457,0	130,0	
	Medium	82,5			91,0			135,5	819,0

Medium von u und u' = 86,8.

Wenn die Media von u und u' mit der Annahme berechnet werden, dafs sie nach der Gleichung $x = 7{,}187\,p$, proportional mit den Belastungen sind, so erhält man

Belastung.	Ausschlag Beob.	Ausschlag Berechn.	Unterschied.
3,036	21,8	21,8	± 0,0
4,802	34,7	34,5	+ 0,2
6,665	46,8	47,9	+ 1,1
10,242	75,7	73,6	− 2,1
11,848	86,8	85,2	− 1,6

Diese Media sind also auch hier innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler proportional mit den Belastungen. Die Zahl, welche man für die Bestimmung der Verlängerung des Drahts erhält, wird durch die Gleichung $x = 685{,}3 + 11{,}37\,p$, mit folgenden Unterschieden wiedergegeben:

Belastung.	Streckung. Beob.	Streckung. Berechn.	Unterschied.
3,036	719,3	719,8	+ 0,5
4,802	741,3	739,9	− 1,4
6,664	759,3	761,1	+ 1,8
10,242	803,7	801,7	− 2,0
11,848	819,0	820,0	+ 1,0

Sonach ist, wie oben angeführt, die mechanische Arbeit, welche der Draht beim Zusammenziehen mit Belastung verrichtet, proportional mit den Quadraten aus den Belastungen.

Wenn die obenerhaltenen Mittelwerthe von u und u' von den entsprechenden observirten Werthen von u'_1, — die

man erhält, wenn der Draht *ohne* dabei äufsere mechanische Arbeit zu verrichten sich zusammenzieht, — subtrahirt werden, und deren Reste unter der Voraussetzung berechnet werden, dafs sie proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, oder, was dasselbe ist, mit der mechanischen Arbeit, die der Draht unter der Zusammenziehung *mit* Belastung verrichtet, so erhält man folgende Tabelle, wobei die Berechnung nach der Gleichung $x = 0{,}3675\,p^2$ bewerkstelligt ist.

Belastung.	Ausschlag Beob.	Ausschlag Berechn.	Unterschied.
4,802	8,2	8,5	+ 0,3
6,665	16,5	16,3	— 0,2
10,242	41,0	38,5	— 2,5
11,848	48,7	51,6	+ 2,9

Der Unterschied zwischen den Wärmemengen, die entstanden, da der Draht sich das eine Mal *ohne* und das andere Mal *mit* Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, ist also auch hier innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler proportional mit der verrichteten mechanischen Arbeit.

8. Man dürfte möglicher Weise gegen obenstehende Beobachtungen Grund zu der Anmerkung finden, dafs bei der Ausdehnung und Zusammenziehung des Drahtes durch das Gleiten des Drahtes gegen die thermoelektrischen Stapel Friction entsteht, und dafs dadurch Wärme erzeugt wird. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich jedoch, dafs diefs nicht der Fall seyn kann. Bei keinem der angestellten Versuche hat sich die ganze Streckung der Drähte auf mehr als auf 1,26^{mm} belaufen. Da der Diameter der Wismuth- und Antimon-Krystalle 2,5^{mm} und die Länge der Drähte 590^{mm} betrugen, so macht sonach die Streckung des Theiles des Drahtes, der die Stapelenden berührt, höchstens 0,0053^{mm} aus. Nimmt man an, dafs auch die Stapelstäbe selbst gestreckt werden, so wird der Unterschied zwischen den relativen Ausdehnungen ein noch geringerer. Wenn alle Drahttheile sich mit dieser Quantität unter die Stapel-

enden zögen, so könnte dadurch möglicher Weise eine hinreichende Friction entstehen, um durch Wärme einen elektrischen Strom, der mit dem Magnetometer sichtbar werden würde, zu erzeugen; allein da der Stapel am Drahte festgeschroben ist, so mufs es deutlich gewisse Punkte an dem letztern geben, welche unverändert denselben Punkt der Stapelenden berühren. In diesen Punkten kann folglich keine Wärme durch Friction entstehen. Sonach kann nur in gewissen Punkten auf der Berührungsfläche Wärme durch Friction hervorgerufen werden. Der thermoelektrische Strom, der auf diesen Stellen entstehen könnte, würde einen doppelten Leitungsweg zurückzulegen haben, nämlich direct von den wärmeren Berührungsstellen bis zu den kältern längs der Berührungsfläche selbst, und aufserdem von den wärmeren Stellen durch die langen Leitungsdrähte bis zum Magnetometer und von diesem bis zu den kälteren Stellen. In der letztern Leitungsbahn ist jedoch der Widerstand so viel gröfser, als in der erstern, dafs eine merkbare Strömung in dieser schwerlich entstehen kann. Das Verhältnifs würde natürlicher Weise ein anderes werden, nachdem die Frictionswärme Zeit gehabt hätte, sich gleichförmig auf der Berührungsfläche auszubreiten; aber ehe diefs geschieht, hat die Magnetnadel bereits ihren Ausschlag gethan, der sonach unabhängig von dem geschieht, was späterhin auf der Berührungsfläche zwischen dem Stapel und dem Drahte vorgeht.

Dafs der thermoelektrische Strom, der den Ausschlag auf dem Magnetometer verursacht, sich nicht von Frictionswärme herleitet, wird aufserdem durch die Versuche selbst bewiesen. Oben haben wir gesehen, dafs bei Ausdehnung des Drahtes eine Abkühlung entsteht, die gleich grofs mit der Erwärmung bei dessen Zusammenziehung *unter* Belastung ist. Nun aber ist die Wärme, die durch Friction hervorgerufen wird, durchaus unabhängig von der Richtung, in der die Friction geschieht. Bildet sich also ein elektrischer Strom bei der Zusammenziehung des Drahtes durch Frictionswärme, so mufs sich auch aus derselben Ursache ein gleich

starker Strom bei dessen Ausdehnung bilden. Da nun bei Ausdehnung des Drahtes eine Abkühlung entsteht, so folgt unmittelbar daraus, dafs die Frictionswärme wenigstens nicht die alleinige Ursache zu den beobachteten Temperaturvariationen gewesen seyn kann. Möglicherweise würde man doch annehmen können, die Abkühlung bei Ausdehnung des Drahtes sey so grofs, dafs wenn man die durch Friction entstandene Wärme davon subtrahirt, man einen Rest erhält, der gleich grofs mit der Summe der durch die Zusammenziehung entstandenen Wärme und der ist, die durch die Frictionen hervorgerufen wurde. Doch aufserdem, dafs eine solche Annahme an und für sich höchst unwahrscheinlich ist, zeigt sie sich auch aus dem Umstande als eine unrichtige, dafs die fragliche Abkühlung und Erwärmung unter allen Verhältnissen sich gleich bleiben, wie auch die Friction sich durch verschiedenartiges Zuschrauben des Stapels oder durch eine verschiedene Stärke der Metalle darin verändern möge. Die Frictionswärme hat sonach bei den Versuchen nicht den geringsten Einflufs ausgeübt. — Es dürfte überflüssig seyn, weitere Beweise hierüber anzuführen; da wir indessen eine Versuchsserie angestellt haben, die jeden Argwohn einer Möglichkeit vom Vorhandenseyn der Frictionswärme bei diesen Untersuchungen tilgt, so mag dieselbe hier aufgenommen werden. Auf der einen Seite eines Stahldrahts von 1,08^{mm} im Diameter wurde eine dünne, 2^{mm} breite Platinscheibe winkelrecht mit der Länge des Drahtes aufgelöthet. Die Fläche der Scheibe war ebenfalls gegen die Längenrichtung des Drahtes winkelrecht. An die Platinscheibe war ein Kupferdraht festgelöthet, der aufserhalb des Schrankes mit dem einen Leitungsdrahte nach dem Magnetometer verbunden wurde. Den andern Leitungsdraht nach demselben Instrumente verband man mit dem Stahldrahte oberhalb dessen obern Befestigungspunkt. Der obere Theil des Stahldrahtes wurde auf diese Weise in die Strombahnen aufgenommen. Da die Platinscheibe am Stahldrahte *festgelöthet* war, so konnte bei Ausdehnung und Zusammenziehung keine Friction entstehen.

Da nun die thermoelektromotorische Kraft bei dieser Combination geringer als bei dem vorhergebrauchten Stapel war, so mufste das Magnetometer empfindlicher gemacht werden, wenn der Ausschlag mit gehöriger Sicherheit sollte gemessen werden können. Diefs wurde dadurch bewerkstelligt, dafs man die magnetischen Momente bei den miteinander astatisch verbundenen Magneten gleicher als früher herstellte. Der Kürze wegen nehmen wir weiter unten die einzelnen Beobachtungszahlen nicht wieder auf, sondern nur die beobachteten Ausschläge, für welche die angewandten Buchstaben dieselbe Bedeutung wie früher behalten.

	Belastung 8,393			Belastung 6,627		
	u	u'	c	u	u'	c
	59,0	52,0	700,0	47,0	47,0	680,5
	55,5	53,5	700,5	44,5	44,0	680,5
	55,0	58,0	700,0	46.0	46,0	680,5
	57,0	56,0	699,5	46,0	46,0	680,5
Medium	56,63	54,88	700,0	45,88	45,25	680,5
Medium	55,76			45,57		

	Belastung 4,899			Belastung 3,093		
	u	u'	c	u	u'	c
	33,0	34,0	661,0	19,0	19,0	637,5
	31,0	32,0	660,0	23,0	23,0	638,0
	35,0	35,0	661,0	23,0	24,5	638,0
	33,5	33,0	661,0	23,5	23,5	638,5
Medium	33,12	33,50	660,8	22,13	22,50	638,0
Medium	33,31			22,32		

Wenn diese Mittelwerthe, unter der Voraussetzung berechnet werden, dafs sie nach der Gleichung $x = 6{,}775\,p$, proportional mit der Belastung sind, so erhält man:

Belastung.	Ausschlag. Beob.	Ausschlag. Berechn.	Unterschied.
8,393	56,76	56,86	+ 1,10
6,627	45,57	44,90	— 0,67
4,899	33,31	33,19	— 0,12
3,093	22,32	20,96	— 1,36

Die Ausschläge können also auch hier als proportional mit der Belastung, und die Werthe von u und u' als gleich grofs angesehen werden.

Dafs die Verlängerung des Drahtes bei der Ausdehnung proportional mit der Belastung war, zeigt nachfolgende Vergleichung zwischen den Beobachtungen und Berechnungen, welche nach der Gleichung $x = 602{,}6 + 11{,}692\,p$ gemacht sind.

Belastung.	Ausdehnung Beob.	Ausdehnung Berechn.	Unterschied.
8,393	700,0	700,7	+ 0,7
6,627	680,5	680,1	— 0,4
4,899	660,8	659,9	— 0,9
3,093	638,0	638,8	+ 0,8

An einem der folgenden Tage wurde nachstehender Versuch angestellt, um die Wärme zu bestimmen, welche entbunden wird, wenn der Draht sich ohne Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht. Weil eine Veränderung in dem elektrischen Leitungswiderstande entstanden war, wurde auch für eine der Belastungen die Wärme beobachtet, die erzeugt wurde, als sich der Draht *mit* Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzog.

	Belastung. 8,393		4,899
	u'	u_i'	u_i'
	62,0	84,5	41,5
	56,5	91,0	47,0
	59,0	90,5	49,0
	61,0	87,5	45,5
	61,0	93,0	49,0
		89,0	48,0
Medium	59,90	89,25	46,67.

Wenn man aus dem Werthe 59,90 von u' für die Belastung 8,393 berechnet u' für die Belastung 4,899, so erhält man 34,96. Wenn diese Zahlen von den beobachteten Werthen von u_i' subtrahirt werden, so erhält man als Reste die Zahlen 29,35 und 11,71. Wenn diese Reste unter der Vor-

aussetzung berechnet werden, dafs sie proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, oder, was dasselbe ist, mit der mechanischen Arbeit, die der Draht verrichtete, als er sich mit Belastung zusammenzog, so erhält man der Gleichung $x = 0{,}4241\, p^2$ gemäfs folgende Unterschiede:

Belastung.	Ausschlag.		Unterschied.
	Beob	Berechn.	
8,393	29,35	29,87	+ 0,52
4,899	11,71	10,13	— 1,53

Obschon bei diesen Versuchen die Frage von einer vorhandenen Friction nicht entstehen kann, sind doch die Resultate in vollkommener Uebereinstimmung mit denjenigen, welche man früher bei Anwendung des Stapels erhielt.

9. Da die Gröfse des Ausschlags von der elektromotorischen Kraft des Stapels, dem Widerstande der Leitungsdrähte, dem astatischen Zustande des Nadelsystemes und vielen andern Umständen abhängig ist, so ist es klar, dafs verschiedene Beobachtungsserien, selbst mit einem und demselben oder vollkommen gleichen Drähten, nicht mit einander zu vergleichen sind, insofern in dieser Beziehung nicht alles unverändert ist. Beim ersten Anblicke könnte es doch möglicher Weise scheinen, dafs das *Verhältnifs* zwischen der Wärme, die durch Zusammenziehung des Drahtes mit Belastung entbunden wird und dem durch Zusammenziehung des Drahtes ohne dabei verrichtete mechanische Arbeit entstandenen Ueberschufs, müsse in der einen Beobachtungsserie gleich grofs als in der Anderen seyn, ungeachtet einer jener Umstände, der auf die Gröfse des Ausschlags Einflufs hat, beim Uebergange von der einen zur andern Serie verändert worden ist. — Dafs indessen dieses Verhältnifs nicht unveränderlich ist, erkennt man bei näherer Betrachtung sogleich. Wenn der Stapel sehr fest zugeschroben wird, so dafs der Druck gegen den Draht ein starker wird, so kann der unter den Stapelenden liegende Theil desselben bei der Ausdehnung nicht so viel verlängert und bei der Zusammenziehung verkürzt werden, als wenn der Druck des Stapels gegen den Draht geringer ist. Nun beruht deut-

lich die Gröſse des Ausschlags hauptsächlich auf die Wärmeveränderung, die in den vom Stapel umschlossenen Theilen des Drahtes sich erzeugt, weil die Veränderung, die in den übrigen Theilen desselben entsteht, zuerst nach und nach durch die Wärmeleitung des Drahtes dem Stapel zu gute kommen kann. Ist der Stapel fest zugeschroben, so daſs die Veränderung des Drahtes auf dieser Stelle gering wird, so muſs sonach auch der Ausschlag auf dem Magnetometer geringer werden. Ein stärkeres Zuschrauben muſs also ungefähr dieselbe Wirkung haben, wie eine Verminderung der Belastung. Allein nun verhalten sich die bei der Ausdehnung des Drahtes oder der Zusammenziehung desselben mit Belastung entstehenden Temperaturvariationen direct wie die wirkenden Belastungen, und der bei der Zusammenziehung des Drahtes ohne Verrichtung mechanischer Arbeit entstehende Wärmeüberschuſs, wie die Quadrate der Belastungen. Man kann also durch Verminderung oder Vermehrung des Stapeldruckes gegen den Draht das in Rede stehende Verhältniſs nach Belieben verändern. Dieſs wird durch untenstehende Beobachtungen bestätigt.

Der obenbeschriebene Stapel wurde so fest zugeschroben, wie dieſs möglicher Weise mit der Hand geschehen konnte. Dabei erhielt man

	u	$u_,$	$u_,'$
	70	72	104,5
	70,5	71,0	105,5
Medium	70,25	71,5	105,0
	70,88		

Hierauf wurden die Schrauben zurückgedreht, so daſs der Stapel sehr lose an dem Drahte saſs. Die Ausschläge gestalteten sich mit Beibehaltung derselben Belastung so:

	$u_,$	$u_,$	$u_,'$
	85,0	92,0	142,5
	84,0	80,0	136,5
Medium	84,5	86,0	139,5
	85,25		

Der Unterschied zwischen $u_{'}'$ und $\frac{u+u'}{2}$ ist also im ersteren Falle 34,12 und im letzteren 54,25. Wenn der verschiedene Druck des Stapels gegen den Draht ungefähr auf dieselbe Weise wie verschiedene Belastungen wirkt, so müssen diese Reste sich beinahe genau zueinander verhalten, wie die Quadrate der Zahlen 70,88 und 85,25. Die Berechnung giebt in diesem Falle 36,4 und 52,7, welche Zahlen so genau mit den beobachteten übereinstimmen, dafs die Richtigkeit der gemachten Voraussetzungen damit bewiesen ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dafs zwei Beobachtungsserien nicht mit einander zu vergleichen sind, wenn der Stapeldruck gegen den Draht ungleich in beiden ist, auch wenn alle übrigen Umstände, die auf die Gröfse des Ausschlags Einflufs haben, vollkommen gleich seyn sollten. Bei den vorausgegangenen Beobachtungsserien sowohl, wie bei denen, die weiter angeführt werden sollen, sind keine zuverlässigen Vorkehrungen gemacht worden, um ein und denselben Druck für alle zu erzielen. Dagegen war bei einer und derselben Serie der Druck des Stapels gegen den Draht unverändert ein gleicher, weil der Stapel während der ganzen Zeit unberührt gelassen worden war, die man zur Ausführung der Versuche nöthig hatte. Wir gehen nun zur Berichterstattung der Versuche über, die mit einigen andern Metallen und Metalllegirungen angestellt wurden.

10. Ein Silberdraht von 1,14^{mm} im Diameter wurde in den Apparat gesetzt. Die unten angeführten Gewichte wurden von der Axe nach einem Punkte des Hebels geführt, der 200^{mm} von der Axe entfernt war, und dann von diesem Punkte wieder zurück zur Axe. Die angegebenen Belastungen haben sonach an und für sich eine andere Bedeutung als bei den vorhergehenden Versuchen. Das Verhältnifs zwischen ihnen wird natürlicherweise wie 200 zu 475. Die Kolumnen haben die früheren Bezeichnungen beibehalten.

	10,182			8,393			6,627		
	u	u_1	c	u	u_1	c	u	u_1	c
	78,0	80,0	693,5	64,0	67,0	674,0	49,5	54,0	653,0
	76,0	83,0	694,0	64,0	66,0	673,0	47,0	51,5	653,0
	80,5	78,0	693,5	69,5	63,5	674,0	50,0	49,5	654,0
	82,0	81,0	693,5	63,5	65,0	673,0	53,0	54,0	654,0
Med.	79,13	80,50	693,6	65,25	65,38	673,5	49,88	52,25	653,5
	79,82			65,32			51,07		

	4,899			3,093		
	u	u_1	c	u	u_1	c
	36,5	34,0	634,5	25,5	25,0	613,0
	38,0	40,0	634,0	23,5	25,0	613,0
	39,0	38,0	634,0	25,0	25,5	613,5
	37,0	39,5	633,5	26,0	25,0	613,0
Medium	37,75	37,88	634,0	25,00	25,13	613,1
	37,82			25,07		

Wenn die obenberechneten Media unter der Voraussetzung berechnet werden, dafs sie der Gleichung $x = 7,831p$ nach proportional mit den Belastungen sind, so erhält man

Belastung	Ausschlag. Beob.	Ausschlag. Berechn.	Unterschied
10,182	79,82	79,74	— 0,08
8,393	65,32	65,71	+ 0,39
6,627	51,07	51,90	+ 0,83
4,899	37,82	38,36	+ 0,54
3,093	25,07	24,22	— 0,85

Die Zahl, welche zur Bestimmung der Ausdehnung des Silberdrahtes abgelesen wurde, wird durch die Gleichung $x = 578,2 + 11,352p$ wiedergegeben. Die Ausdehnung ist sonach proportional mit der Belastung. Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen sind folgende:

Belastung	Beob.	Berechn.	Unterschied.
10,182	693,6	693,8	+ 0,2
8,393	673,5	673,5	± 0,0
6,627	653,5	653,4	— 0,1
4,899	634,0	633,8	— 0,2
3,093	613,1	613,3	+ 0,2

Folgende Tabelle enthält die Beobachtungen, die man zur Bestimmung der Wärmemenge anstellte, die der mechanischen Arbeit bei Zusammenziehung des Drahtes entsprach.

	10,182		8,393	6,627	
	u'	$u_{,}'$	$u_{,}'$	u'	$u_{,}'$
	77,0	97,0	76,5	51,0	58,5
	83,0	104,5	79,5	54,0	61,0
	85,0	109,0	84,0	49,5	61,0
	87,0	109,5	92,0	50,0	61,0
	83,5	99,0	82,5	57,0	62,5
	88.5	115,0	88,0	52,5	64,0
	86,0	111,0	85,0	56,0	66,0
	78,0	113,0	86,0	55,5	65,5
Medium	83,50	107,25	84,19	53,19	62,44

Wenn die Wärme, die sich bei Zusammenziehung des Drahtes mit Belastung entbindet, nach der Gleichung $x = 8{,}113p$ berechnet wird, so erhält man:

Belastung.	Ausschlag. Beob	Berechn.	Unterschied.
10,182	83,50	82,61	— 0,89
8,393		68,09	
6,627	53,19	53,76	+ 0,57

Wenn obengenannte Zahlen von denen subtrahirt werden, die man bei der Zusammenziehung des Drahtes erhielt, als dabei keine mechanische Arbeit verrichtet wurde, und die entstehenden Reste unter der Voraussetzung berechnet werden, dafs sie der Gleichung $x = 0{,}2307p^2$ nach proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, so wird der Unterschied zwischen den berechneten und den beobachteten Zahlen folgender:

Belastung.	Ausschlag. Beob.	Berechn	Unterschied.
10,182	24,64	23,92	— 0,72
8,393	16,10	16,25	+ 0,15
6,627	8,68	10,13	+ 1,45

Da diese Unterschiede so klein sind, dafs man sie den Beobachtungsfehlern zuschreiben kann, so sind eben für diesen Draht die fraglichen Temperaturüberschüsse der bei der Zusammenziehung des Drahtes verrichteten mechanischen Arbeit proportional.

11. Folgende Versuchsserie wurde mit einem Neusilberdraht von 1,32^{mm} im Diameter angestellt. Die Gewichte wurden bis an das Ende des Hebels gezogen, wie bei den ersten Versuchen mit dem Stahldrahte.

	8,393			6,627			4,899		
	u	u_1	c	u	u_1	c	u	u_1	c
	80,0	71,0	753,0	61,5	63,0	726,0	47,0	49,0	703,5
	73,0	80,0	752,5	60,0	64,0	726,5	47,0	43,5	704,0
	78,5	79,0	752,5	64,5	64,5	727,0	44,0	45,0	704,0
	75,0	78,0	752,0						
Med.	76,62	77,0	752,5	62,00	63,83	726,5	46,00	45,83	703,8
	86,81			62,92			45,92		

	3,093			1,230		
	u	u_1	c	u	u_1	c
	27,0	27,0	676,0	7,0	14,0	644,0
	29,0	29,0	676,0	10,5	11,5	644,0
	30,5	29,0		11,5	12,0	644,0
				10,0	10,0	643,5
Medium	28,83	28,33	676,0	97,5	11,87	643,9
	28,58			10,81		

Wenn obenstehende Werthe von $\frac{u+u'}{2}$ nach der Gleichung $x = 9{,}21\,p$ berechnet werden, sonach unter Voraussetzung, dafs sie proportional mit den Belastungen sind, so erhält man folgendes Resultat:

Belastung.	Ausschlag. Beob.	Ausschlag. Berechn.	Unterschied.
8,393	76,81	77,30	+ 0,49
6,627	62,92	61,04	— 1,88
4,899	45,92	45,12	— 0,80
3,093	28,58	28,49	— 0,09
1,230	10,81	11,33	+ 0,52

Hieraus folgt, dafs die fraglichen Temperaturvariationen proportional mit den Belastungen sind. Die Zahlen, welche man zur Bestimmung der Verlängerung des Neusilberdrahts für die verschiedenen Belastungen erhält, giebt die Gleichung $x = 627{,}8 + 15{,}003\,p$ mit folgenden Unterschieden wieder:

Belastung.	Beob.	Berechn.	Unterschied.
8,393	752,5	753,7	+ 1,2
6,627	726,5	727,2	+ 0,7
4,899	703,8	701,3	— 2,5
3,093	676,0	674,2	— 1,8
1,230	643,9	646,3	+ 2,4

Die Unterschiede sind hier also gröfser als beim Silberdrahte, doch kann man die Ausdehnung proportional mit den Belastungen ansehen.

Folgende Tabelle enthält die angestellten Beobachtungen, zur Bestimmung der Wärmemenge, die der mechanischen Arbeit bei Zusammenziehung des Drahtes entspricht. Da der Stapel vom Drahte fortgenommen und wieder angeschroben wurde, wobei möglicher Weise der Druck gegen den Draht anders als vorher sich gestaltete, wurden eben für eine der Belastungen Beobachtungen über die entbundene Wärme bei Zusammenziehung des Drahtes mit Belastung angestellt.

	8,393		4,899
	u'	$u'_{,}$	$u'_{,}$
	70,5	107,0	56,5
	70,0	113,0	56,0
	66,5	117,0	56,5
	72,0	109,0	53,5
	72,0	109,0	54,0
	68,0	105,0	
Medium	69,83	110,00	55,30

Wenn man die Wärme, die sich entwickelt, da sich der Draht für die Belastung von 4,899 unter Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, mit Hülfe der entspre-

chenden beobachteten Zahl 69,83 für die Belastung 8,393 berechnet, so erhält man die Zahl 40,76. Wenn diese Zahlenwerthe von den beobachteten Werthen von $u_{,}'$ subtrahirt, und die Reste nach der Gleichung $x = 0{,}5734 p^2$, sonach unter Voraussetzung, dafs sie proportional mit der verrichteten mechanischen Arbeit sind, berechnet werden, so erhält man folgendes Resultat:

Belastung.	Ausschlag Beob.	Ausschlag Berechn.	Unterschied.
8,393	40,17	40,39	+ 0,22
4,899	14,54	13,76	— 0,78

Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen sind nicht gröfser, als dafs man mit vollem Rechte die fraglichen Temperaturüberschüsse als proportional mit der vom Drahte bei Zusammenziehung verrichteten mechanischen Arbeit ansehen kann.

12. In der folgenden Beobachtungsserie wurde ein Messingdraht von 0,87^{mm} im Diameter angewandt. Die Gewichte wurden nur 200^{mm} von der Axe des Hebels geführt, wie beim Versuche mit dem Silberdrahte.

	10,182			8,393			6,627		
	u	u_1	c	u	u_1	c	u	u_1	c
	37,0	31,0	733,0	25,2	26,5	70[illegible],0	22,5	23,0	690,0
	31,0	31,5	733,0	27,0	29,0	709,0	21,0	21,0	689,5
	33,0	34,0	733,0	25,0	28,0	709,0	22,0	24,0	
Med.	33,67	32,17	733,0	25,73	27,83	709,0	21,83	22,67	689,8
	32,92			26,78			22,25		

	4,899			3,093		
	u	u_1	c	u	u_1	c
	18,0	16,0	668,0	11,0	9,5	645,0
	15,0	18,0	669,0	8,5	11,7	643,5
	15,0	15,0	667,0	10,0	11,2	643,5
Medium	16,00	16,33	668,0	9,83	10,80	644,0
	16,17			10,32		

Wenn obige Media nach der Gleichung $x = 3{,}2533 p$ berechnet werden, sonach mit der Annahme, dafs sie proportional mit den Belastungen sind, so erhält man folgende

Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen:

Belastung.	Ausschlag Beob.	Berechn.	Unterschied.
10,182	32,92	33,13	+ 0,21
8,393	26,78	27,31	+ 0,53
6,627	22,25	21,56	— 0,69
4,899	16,17	15,94	— 0,23
3,093	10,32	10,06	— 0,26

Dafs die Ausdehnung des Messingdrahts proportional mit den Belastungen ist, erweist unten folgende Tabelle, wo die Berechnungen nach der Gleichung $x = 606,12 + 12,442\,p$ gemacht worden sind.

Belastung.	Beob.	Berechn.	Unterschied.
10,182	733,0	732,8	— 0,2
8,393	709,0	710,5	+ 1,5
6,627	689,8	688,6	— 1,2
4,899	668,0	667,1	— 0,9
3,093	644,0	644,6	+ 0,6

Folgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche, welche mit diesem Drahte zu dem Zwecke angestellt wurden, um die Wärmemenge zu bestimmen, welche der mechanischen Arbeit bei Zusammenziehung des Drahtes entspricht.

	10,182	8,393	6,627	4,899
	$u_{,}'$	$u_{,}'$	$u_{,}'$	$u_{,}'$
	56,0	41,0	32,0	22,0
	54,0	40,5	31,0	21,5
	57,0	43,0	31,0	22,5
	58,0	42,5	33,0	21,0
	58,0	41,0	30,5	
	58,0	41,0	31,0	
Medium	56,83	41,50	31,42	21,75

Wenn von den erhaltenen Werthen von $u_{,}'$ obenstehende beobachtete Werthe von $u_{,}$ (oder der gröfsern Genauigkeit wegen die Werthe $\frac{u+u'}{2}$) subtrahirt, und die ent-

standenen Reste nach der Gleichung $x = 0{,}2203\,p^2$, als proportional mit der vom Drahte bei Hervorbringung von u' verrichteten mechanischen Arbeit, berechnet werden, so erhält man folgende Tabelle:

Belastung.	Ausschlag Beob.	Ausschlag Berechn.	Unterschied.
10,182	23,91	22,84	— 1,07
8,393	14,72	15,52	+ 0,80
6,627	9,17	9,67	+ 0,50
4,899	5,58	5,29	— 0,29

Die Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen und den Berechnungen ist also in dieser Serie gleich vollständig, wie in den früheren.

13. Ein Platindraht von 1,92^{mm} im Diameter wurde in den Apparat gesetzt. Die Gewichte wurden nun bis an das Ende des Hebels geführt.

	13,838			10,182			8,393		
	u	u_1	c	u	u_1	c	u	u_1	c
	85,0	83,5	729,0	59,5	62,0	707,0	55,0	56,0	696,0
	85,0	88,0	732,0	67,0	61,0	710,0	55,0	58,0	699,9
	84,0	85,0	732,5	64,5	61,5	712,0	52,4	53,5	700,5
	86,0	85,0	735,0	66,0	67,5	713,5	57,0	50,0	702,5
Med.	85,0	85,30	732,1	64,25	63,00	710,6	54,88	54,38	699,5
	85,15			63,63			54,63		

	3,627			4,899		
	u	u_1	c	u	u_1	c
	42,5	40,5	685,5	30,0	36,0	675,0
	45,0	42,0	688,0	31,0	28,0	677,5
	45,5	41,0	690,0	28,5	31,0	678,5
	44,5	42,0	692,0	29,5	27,0	681,5
Medium	44,38	41,38	688,9	29,75	30,50	678,1
	42,88			30,13		

Dafs diese Mittelzahlen innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler als proportional mit den Gewichten angesehen werden können, zeigt folgende Berechnung, welche nach der Gleichung $x = 6{,}267\,p$ angestellt ist:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
13,833	85,15	86,69	+ 1,54
10,182	63,63	63,81	+ 0,18
8,393	54,63	52,60	— 2,03
6,627	42,88	41,53	— 1,35
4,899	30,13	30,70	+ 0,57

Wie obige Tabellen zeigen, sind die abgelesenen Zahlen zur Bestimmung der Ausdehnung des Drahtes durch die Gewichte in einem beständigen Steigen. Diese Versuche wurden auf die Weise angestellt, dafs, sobald man einen Werth von u und $u_{,}$ für eine gewisse Belastung erhalten hatte, man unmittelbar darauf denselben Versuch für die nächste kleinere Belastung anstellte, und, nachdem die Beobachtungen für die geringste Belastung ausgeführt worden waren, ging man direct zur gröfsten über. Das beobachtete Steigen bei den abgelesenen Zahlen kann deshalb als eine Einwirkung von der gröfsten Belastung angesehen werden. Das Wahrscheinliche ist, dafs die rechte Ursache hierzu nicht in einer Streckung des Drahtes aufser den Elasticitätsgränzen, sondern in einem Gleiten an dessen Festpunkten zu suchen ist. Berechnet man die Verlängerung unter der Voraussetzung, dafs sie der Gleichung $x = 650,63 + 5,846p$ nach proportional mit den Gewichten ist, so erhält man

Belastung	Beob.	Berechn.	Unterschied.
13,833	732,1	731,5	— 0,6
10,182	710,6	710,2	— 0,4
8,393	699,5	699,7	+ 0,2
6,627	688,9	689,4	+ 0,5
4,899	678,1	679,3	+ 1,2

Obschon die Verlängerung des Drahtes dieser Berechnung nach in einem etwas gröfsern Verhältnisse, als man

die Proportionalität gegen die Gewichte fordert, zuzunehmen scheint, so ist doch der Unterschied zwischen den Beobachtungen und den Berechnungen an und für sich so gering, dafs man hierauf gar keine Rücksicht zu nehmen hat.

Zur Bestimmung der Wärmemenge, die der bei Zusammenziehung des Platindrahtes verrichteten mechanischen Arbeit entspricht, wurde folgender Versuch gemacht. Für jede der beiden Belastungen zog sich der Draht zwei Mal zusammen, das eine Mal *mit*, das andere Mal *ohne* Verrichtung mechanischer Arbeit.

	13,833		8,393	
	$u_{\prime}$	$u'_{\prime}$	$u_{\prime}$	$u'_{\prime}$
	82,0	91,0	48,5	53,5
	80,0	91,0	52,0	57,0
	77,5	89,0	50,0	54,0
	79,0	91,0	45,5	51,0
Medium	79,62	90,50	49,0	54,0

Subtrahirt man u' von $u'_{\prime}$, so erhält man die Reste 10,88 und 5,0. Wenn diese unter der Voraussetzung berechnet werden, dafs sie der Gleichung $x = 0{,}0585 p^2$ nach den Quadraten der Belastungen proportional sind, so erhält man

	Untersch. der Beob.
11,19	+ 0,31
4,12	− 0,88

Die beobachteten Reste sind jedoch in diesem Fall so klein, dafs man nicht mit Bestimmtheit sehen kann, inwieweit sie mit den Quadraten der Gewichte oder mit diesen selbst proportional sind. Wenn die genannten Reste unter letzterwähntem Verhältnisse der Gleichung $x = 0{,}7352 p$ nach berechnet werden, so werden doch die Beobachtungsfehler gröfser, als wenn die Berechnung nach den Quadraten der Gewichte geschieht. Man erhält nämlich in diesem Falle

	Untersch. der Beob.
10,17	− 0,71
6,17	+ 1,17

Die letzten Versuche stellte man mit einem Draht von Aluminium-Bronce[1]) von 1,08^{mm} im Diameter an. Die Gewichte wurden von der Axe des Hebels bis an einen an 300^{mm} Abstand von derselben belegenen Punkt geführt, und von hier zurück zur Axe.

	8,393			6,627		
	u	u_1	c	u	u_1	c
	59,5	61,0	694,0	48,0	47,0	668,5
	59,5	59,0	694,5	48,5	45,0	669,0
	59,5	60,0	694,0	47,0	47,0	668,5
Medium	59,5	60,0	694,2	47,83	46,33	668,7
	59,75			47,08		

	4,899			3,093		
	u	u_1	c	u	u_1	c
	36,0	36,0	641,5	23,5	23,0	615,0
	35,0	35,0	641,5	21,5	23,0	614,5
	32,5	32,0	641.5	22,0	22,0	615,0
Medium	34,50	34,33	641,5	22,33	22,67	614,8
	34,42			22,50		

Wenn diese Mittelzahlen nach der Gleichung $x = 7,105p$ berechnet werden, sonach unter Voraussetzung, dafs sie proportional mit den Belastungen sind, so erhält man:

Belastung.	Ausschlag Beob.	Ausschlag Berechn.	Unterschied.
8,393	59,75	59,63	— 0,12
6,627	47,08	47,08	± 0,00
4,899	34,42	34,81	+ 0,39
3,093	22,50	21,98	— 0,52

Wenn die Verlängerung des Drahtes als proportional mit den Gewichten nach der Gleichung $x = 568,2 + 15,048p$ berechnet wird, so erhält man

1) Nach einer Analyse des Hrn. Prof. Ullgren enthielt jedoch dieser Draht nicht mehr wie 2,5 Proc. Aluminium.

Belastung.	Beob.	Berechn.	Unterschied.
8,393	694,2	694,5	+ 0,3
6,627	668,7	667,9	— 0,8
4,899	641,5	641,9	+ 0,4
3,093	614,8	614,7	— 0,1

Um den Unterschied zwischen der Wärmemenge zu finden, die bei der Zusammenziehung des Drahtes entbunden wird, wenn diese einmal mit Verrichtung mechanischer Arbeit und das andere Mal ohne eine solche vor sich geht, wurde folgender Versuch gemacht. Nur für die gröfste Belastung wurde $u_{,}$ beobachtet, und daraus für die andere berechnet.

	8,393		6,627	4,899
	$u_{,}$	$u_{,}'$	$u_{,}'$	$u_{,}'$
	60,0	87,0	64,0	46,0
	62,0	97,0	72,0	48,0
	67,0	97,0	66,0	44,0
	63,5	95,0	70,5	46,0
	65,0	94,0	67,0	47,0
Medium	63,50	94,0	67,90	46,20

Wenn $u_{,}$ für die Belastungen 6,627 und 4,899 mit Hülfe des beobachteten $u_{,}$ für die Belastung 8,393 berechnet wird, so erhält man für diese die Zahlen 50,14 und 37,06. Subtrahirt man diese Zahlen von den entsprechenden $u_{,}'$ und berechnet man die Reste unter der Voraussetzung, dafs sie nach der Gleichung $x = 0{,}4216 p^2$ proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, so erhält man

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	30,50	29,70	— 0,80
6,667	17,76	18,52	+ 0,76
4,899	9,14	10,12	+ 0,98

Diese Beobachtungsserie leitet also vollkommen zu demselben Resultate, wie alle die vorhergehenden.

15. Die Beobachtungen, welche man im Vorhergehenden angeführt findet, haben innerhalb der sogenannten

Elasticitätsgränzen der Metalle stattgefunden. Dehnt man das Metall so sehr aus, daſs dadurch eine permanente Verlängerung entsteht, so entsteht bei der Ausdehnung eine Erwärmung statt einer Abkühlung. Während der Untersuchung selbst haben wir Gelegenheit gehabt, zu verschiedenen Malen diese Beobachtung zu machen. Da die Metalle und Metalllegirungen, mit welchen obenstehende Versuche angestellt wurden, in physischer und chemischer Hinsicht sehr verschieden sind, so kann man ohne Zweifel mit vollem Rechte annehmen, daſs die erhaltenen Resultate für alle Metalle gelten. Faſst man die Resultate der vorhergegangenen Untersuchungen zusammen, so stellt sich sonach Folgendes heraus:

Wenn ein Metall innerhalb der sogenannten Elasticitätsgränzen gedehnt wird, so erkaltet es. Die Abkühlung ist in diesem Falle proportional mit der mechanischen Kraft, wodurch die Ausdehnung verursacht wird.

Wenn sich hierauf das Metall zu seinem ursprünglichen Volumen wieder zusammenzieht, und dabei eine ebenso groſse mechanische äuſsere Arbeit verrichtet, als die, welche bei dessen Ausdehnung verloren ging, so erwärmt sich das Metall eben so viel, als es sich im erstern Fall abgekühlt hat. Diese Erwärmung ist also ebenfalls proportional mit der Kraft, womit das Metall vor der Zusammenziehung gestreckt gehalten wurde.

Wenn dagegen das gestreckte Metall sich zu seinem ursprünglichen Volumen zusammenzieht, o h n e *bei der Zusammenziehung eine äuſsere mechanische Arbeit zu verrichten, so erwärmt sich dasselbe mehr, als im ersteren Falle. Der Unterschied zwischen beiden Erwärmungen ist proportional mit der äuſsern mechanischen Arbeit, welche das Metall während der Zusammenziehung in dem einen Falle verrichtet.*

Aus diesen Sätzen folgt, daſs, wenn ein Metall innerhalb der sogenannten Elasticitätsgränzen von einem Volumen V_0 *in ein anderes* V_1 *übergeht, die dabei entstehende Veränderung in dem Wärmegrade des Metalles, nicht ausschlieſslich von dem ursprünglichen* (V_0) *und dem schlieſs-*

lichen ($V_{,}$) Volumen, oder deren Verhältnifs zu einander abhängig ist, sondern im wesentlichen Grade von der Art, auf welche dieser Uebergang bewerkstelligt worden ist.

16. Wie oben bewiesen, wird die Wärmemenge x, die entbunden wird, wenn ein Metall sich unter Verrichtung gleich vieler mechanischer Arbeit als der, welche bei dessen Ausdehnung verloren ging, von der Gleichung $x = ap$ angegeben, wo p das Gewicht ist, womit das Metall vor der Zusammenziehung gespannt gehalten wurde, und a ein constanter Factor. Wenn dagegen das Metall sich ohne Verrichtung äufserer mechanischer Arbeit zusammenzieht, so ist $x = ap + bp^2$, wobei b ebenfalls ein constanter Factor ist. Das letzte Glied bp^2 dieser Gleichung mufs sich von der verschiedenen Weise herleiten, auf welche die Zusammenziehung in beiden Fällen geschieht. Wenn der Metalldraht sich *mit* Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, geht jede Partikel im Drahte zu ihrer ursprünglichen Gleichgewichtslage ohne Acceleration zurück, weil das Gewicht, wodurch der Draht gespannt wird, sich in demselben Grade, wie sich der Draht zusammenzieht, vermindert. Die Partikel gelangt also in ihre Gleichgewichtslage ohne durch diese Bewegung in Oscillation um dieselbe versetzt zu werden. Wenn sich dagegen der Draht *ohne* Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, so vermehrt sich die Schnelligkeit der Partikel in ihrer Bahn von dem einen Punkte zum andern, und die Partikel kommt deshalb bei Ankunft zur Gleichgewichtslage in Oscillation um dieselbe. Wenn y den Abstand der Partikel von der ursprünglichen Gleichgewichtslage zur Zeit t bedeutet, und wenn die Kraft, womit die Partikel zur Gleichgewichtslage zurückzugehen strebt, eine beliebige Function f von diesem Abstande ist, so hat man für die Berechnung der Oscillation der Partikel um die Gleichgewichtslage

$$\frac{d^2y}{dt^2} = f(y); \text{ woraus}$$

$$\frac{dy^2}{dt^2} = 2f(y)\,dy$$

Allein da nun $f(y)\,dy$ nichts anderes bedeutet, als die mechanische Arbeit, die erforderlich ist, um bei Ausdehnung des Drahts die Partikel den Weg dy überführen zu lassen, so folgt hieraus, dafs das Quadrat der Schnelligkeit, womit die Partikel die Gleichgewichtslage passirt, proportional mit der Summe der mechanischen Arbeit ist, die für die Ausdehnung des Drahtes erfordert wird. Wenn nun die Wärme in den Oscillationen *der Partikel* besteht, in welchem Falle die Intensität der Wärme proportional mit den Quadraten der genannten Schnelligkeit wird, so erhält die Entstehung des Glieds bp^2 hiervon ihre natürliche Erklärung. Man würde sonach sagen können, dafs, wenn ein fester Körper sich *mit* Verrichtung äufserer mechanischer Arbeit zusammenzieht, diese letztere eine gewisse Wärmemenge *hindert* sich zu erzeugen, die dann entstehen würde, im Fall die Zusammenziehung ohne Hindernifs fremder Kräfte geschehe.

Aus Regnault's und Joule's Untersuchungen ist es bekannt, dafs wenn eine Gasmasse sich vom Volumen V_0 bis zum Volumen V_I ausdehnt, ohne dabei mechanische Arbeit zu verrichten, so behält sie ihre Temperatur unverändert. Die Analogie mit festen Körpern zeigt, wie dieses erklärt werden kann. Nach dem, was oben gezeigt worden ist, wird die Temperaturveränderung, der das Gas im fraglichen Falle unterliegt, von zwei Gliedern repräsentirt. Das eine derselben, bp^2 entsprechend, drückt die Temperaturveränderung aus, die dadurch entsteht, dafs die Partikeln zur neuen Gleichgewichtslage mit Acceleration kommen, und diese Temperatur-Veränderung ist proportional mit der mechanischen Arbeit, welche zum Zusammendrücken des Gases vom Volumen V_I zum Volumen V_0 erfordert wird. Dieses Glied repräsentirt also einen Wärmezuschufs. Das andere Glied, ap entsprechend, drückt die Temperaturveränderung aus, die entsteht, wenn sich das Gas unter Verrichtung mechanischer Arbeit von V_0 bis V_I ausdehnt. Die Erfahrung zeigt, dafs dabei stets eine Abkühlung entsteht, die proportional mit der mechanischen Arbeit ist, welche

vom Gase unter der Volumenveränderung verrichtet wird. Diese beiden Glieder folgen also, wenn von einem Gase die Frage, demselben Gesetze, haben jedoch *entgegengesetztes* Zeichen. Dafs die Temperatur unverändert bleibt, beruht also darauf, dafs die mechanische Arbeit, die als Factor in beide Glieder eingeht, daselbst mit derselben Quantität multiplicirt ist.

Die Untersuchungen, die oben mitgetheilt worden sind, geben nicht unmittelbar Aufklärung über die absolute Gröfse der fraglichen Wärmephänomene. Kenntnifs hierüber ist jedoch leicht durch Anwendung einer analogen Untersuchungsmethode zu gewinnen. Vor allem anderen hielten wir es von Wichtigkeit, die Gesetze kennen zu lernen, welchen diese Phänomene bei ihrem Erscheinen folgen. Wir werden später, wenn andere Geschäfte uns nicht mehr hindern, das mechanische Aequivalent der Wärme, das Verhältnifs bei den Metallen zwischen den Wärmecapacitäten unter constantem Druck und constantem Volumen zu bestimmen suchen, wie einige andere Fragen, die mit diesem Gegenstande in Berührung stehen, behandeln.

II. *Ueber die Aenderungen, welche die Modification des mittleren Volums durch Aenderungen der Temperatur erleidet; von P. Kremers.*

(Fortsetzung von Bd. 111, S. 60.)

Die folgenden Blätter liefern zunächst einzelne Ergänzungen früherer Untersuchungen; sie behandeln alsdann einzelne Salze, welche zweien Gruppen angehören, die sich von einander ebensowohl unterscheiden, als auch von der bisher behandelten Gruppe, nämlich die salpetersauren und schwefelsauren Alkalien; sie beschäftigen sich alsdann weiter mit den Lösungen der Salpetersäure und der Schwefelsäure und behandeln schliefslich noch die Ausdehnung des Wassers.

Die ergänzenden Beobachtungen sind hiernächst zusammengestellt:

Lösungen von Chlorlithium.

1,2172 spec. Gew. = 129,0 Atome LiCl.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	93,0	83,5	19,5 C.	140,0	132,0

1,2801 spec. Gew. = 176,1 Atome (74,0) LiCl [1]).

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	245,0	251,0	80	429,5	432,5
40	304,0	310,0	99,3	494,0	496,5
60	364,5	369,0			

Lösungen von Chlornatrium.

1,1759 spec. Gew. = 51,9 Atome (30,4) NaCl [2]).

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	71,5	58,5	19°,5 C.	148,5	135,5

1) Der Gehalt dieser Lösung wurde, verschieden von den frühern (Bd. 99, S. 445), aus dem Gewichte des präcipitirten Chlorsilbers berechnet. Wurde dagegen der Gehalt derselben Lösung aus der Gewichtsmenge des daraus darzustellenden schwefelsauren Lithons berechnet, so ergab sich dieser zu 179,6 Atomen, so dafs also bei dieser Concentration 100 Atome LiCl nur 2,0 Atome LiO, CO_2 in Lösung erhalten.

2) Diese Lösung wurde wie die frühern durch Abdampfen analysirt.

Lösungen von Chlorkalium.

1,1427 spec. Gew. = 36,2 Atome KCl.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	79,0	65,0	19°,5 C.	136,5	122,5

1,0767 spec. Gew. = 18,0 Atome KCl.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	85,0	93,0	19°,5 C.	130,0	134,5

Die nächstfolgende Tabelle enthält die Volumina der Salzlösungen, wie sie sich aus den vorstehenden Angaben berechnen und ist hierbei auch wieder wie früher das Volum bei 19°,5 C. als Einheit angenommen. In dieser Tabelle ist den einzelnen Columnen überschrieben *die Anzahl der wasserfreien Salzatome, welche in den Lösungen neben* 100 *Gewichtstheilen Wasser enthalten ist.*

	Li Cl		Na Cl	K Cl	
	129,0	176,1	51,9	18,0	36,2
0° C.	0,99491		0,99211	0,99531	0,99396
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40		1,00614			
60		1,01235			
80		1,01899			
100		1,02582			

Aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle wurden mittelst graphischer Interpolation die Volumina abgeleitet, welche die Salzlösungen zeigen, wenn neben je 100 Gewichtstheilen Wasser die den einzelnen Columnen überschriebene Anzahl von Salzatomen in ihnen enthalten ist und das Volum bei 19°,5 C. als Einheit angenommen wird.

	Li Cl		
	80	100	120 Salzatome
0° C.	0,99554	0,99526	0,99500

	Na Cl		K Cl	
	40	60	20	40 Salzatome
0° C.	0,99268	0,99184	0,99514	0,99376

Aus diesen Werthen berechnen sich nun weiter die Volumina, welche die Salzlösungen bei 0° C. einnehmen, *wenn*

bei dieser Temperatur das Volum des lösenden Wassers als 100 angenommen wird, wie folgt:

	LiCl	
	80	100 Salzatome
0° C.	115,94	120,12

	NaCl		KCl	
	40	60	20	40 Salzatome
0° C	107,44	111,94	105,60	111,80

Wenn der im Vorstehenden für 40 Atome NaCl angeführte Werth 107,44 mit dem früher (Bd. 108, S. 144) für 40 Atome LiCl angeführten Werthe 107,60 verglichen wird, so erhellt, dafs die beiden Volumcurven (LiNa) Cl zwischen 0 und 19°5 sich schneiden müssen. Der Kreuzungspunkt liegt bei etwa 6° C. und sind dahin sowohl die beiden Figuren 1 und 8 der vorangehenden Abhandlung als auch die ebendaselbst S. 79 angeführte Tabelle zu berichtigen[1]).

Die Werthe der Modification des mittlern Volums $\left(\frac{h-m}{h}\right)$, welche sich aus den vorstehenden und den entsprechenden frühern Zahlen berechnen, sind in den nächstfolgenden Tabellen zusammengestellt.

I.

	$h = \mathrm{Li}\left(\frac{\mathrm{Cl}+\mathrm{J}}{2}\right)$ $m = \mathrm{Li}\,\underline{\mathrm{Br}}$	$h = \mathrm{Na}\left(\frac{\mathrm{Cl}+\mathrm{J}}{2}\right)$ $m = \mathrm{Na}\,\underline{\mathrm{Br}}$	$h = \mathrm{K}\left(\frac{\mathrm{Cl}+\mathrm{J}}{2}\right)$ $m = \mathrm{K}\,\underline{\mathrm{Br}}$
0° C.			+ 0,0017 (20)
0° C.		+ 0,0055	+ 0,0028 (40)
0° C.	— 0,0016 (80)		

1) Da ich keine Gelegenheit hatte, die Figuren besagter Abhandlung zu corrigiren, so mag hier nachträglich noch Folgendes bemerkt werden:

In der ersten Reihe der Fig. 4 ist die Curve $\mathrm{Mg}\underline{\mathrm{Br}}$ durch eine punktirte Linie zu bezeichnen.

Fig. 5 mufs über Fig. 3 stehen.

In Fig. 6 ist von den beiden Curven $\underline{\mathrm{Na}}\mathrm{Br}$ die untere zu bezeichnen durch $\underline{\mathrm{Na}}\mathrm{Cl}$.

In Fig. 8 ist die durch (SnZn) Cl bezeichnete Curve zu bezeichnen durch (SrZn) Cl.

In Fig. 9 ist die durch $\underline{\underline{\mathrm{Zn}}}\mathrm{Cl}$ bezeichnete und von der Ordinate 60 bis zur Abscisse 40 verlaufende Curve zu bezeichnen durch $\underline{\mathrm{Zn}}\mathrm{Cl}$.

II.

$$h = \left(\frac{Li + K}{2}\right) Cl \text{ und } m = \underline{Na}\,Cl$$

	20	40 Atome
0° C.	+ 0,0117	+ 0,0206

III.

	$h = \left(\frac{Li + Ca}{2}\right) Cl$	$h = \left(\frac{Na + Sr}{2}\right) Cl$	$h = \left(\frac{K + Ba}{2}\right) Cl$	
	$m = \underline{\underline{Mg}}\,Cl$	$m = \underline{\underline{Zn}}\,Cl$	$m = \underline{\underline{Cd}}\,Cl$	
0° C.	+ 0,0105	+ 0,0095	+ 0,0124	(20)
19,5	108	83	128	
40	111	65	126	
60	114	41	117	
80	116	14	102	
100	121	— 0,0013	85	
0° C.		+ 0,0111 (40)		

Den vorstehenden Zahlen zufolge erreicht also die Modification $\underline{\underline{Cd}}$Cl ein Maximum, welches bei ungefähr 18° C. liegen wird. Diese Beobachtung bestätigt die früher (Bd. 111, S. 93) hinsichtlich der Lage der Curve $\underline{\underline{Cd}}$Cl aufgestellte Vermuthung und sind dahin sowohl die Fig. 9 der vorausgehenden Abhandlung als auch die ebendaselbst S. 87 angeführte Tabelle zu ergänzen.

Um nun weiter zu den salpetersauren und schwefelsauren Alkalien überzugehen, so folgt hiernächst wieder eine Zusammenstellung der unmittelbaren Beobachtungen:

Lösungen von salpetersaurem Lithon.

1,1930 spec Gew. = 59,2 Atome (40,6) LiO, NO_5.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	73,0	68,0	40	258,0	253,0
19,5	158,5	153,0			
19,5	58,0	58,0	80	373,0	371,5
60	260,5	260,0	99,4	489,0	491,5

1,2550 spec. Gew. = 84,0 Atome LiO, NO_5 [1]).

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	40,0	33,0	40	237,0	226,0
19,5	134,5	122,5			
19,5	52,5	59,5	80	372,5	377,0
60	261,0	266,5	100	490,0	493,5

1,3154 spec. Gew. = 113,0 Atome (77,4) LiO, NO_5.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	71,0	73,5	80	394,0	395,0
40	177,0	179,0	99,3	502,0	510,5
60	282,5	285,0			

1,1346 spec. Gew. = 39,0 Atome LiO, NO_5.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	76,5	76,0	40	243,0	242,0
19,5	151,0	149,0			
19,5	79,0	80,0	80	387,0	386,0
60	273,0	274,0	99,2	503,0	512,5

1) Dieser und auch der Concentrationsgrad von 39,0 Atomen wurden aus der Curve abgeleitet, deren Verlauf sowohl durch die drei vorstehenden als auch noch durch fünf weitere bereits früher untersuchte Punkte bestimmt ist. Die drei vorstehenden Punkte wurden bestimmt durch Abdampfen der Lösungen in einem Luftstrom von etwa 150° C., wohingegen die fünf früher untersuchten Punkte aus dem Gewichte des aus den Lösungen dargestellten schwefelsauren Lithons berechnet wurden. Beide Versuchsreihen differiren um weniger als 1 Proc., wie ein Vergleich der vorstehenden mit den hiernächst folgenden frühern Beobachtungen zeigen wird. Die Reihenfolge der einzelnen Columnen ist genau die frühere (Bd. 104, S. 154).

A	B	C	D	E
LiO, NO_5	1,0689	12,7	18,5	105,44
	1,1336	26,4	38,6	111,54
	1,1967	41,8	61,1	118,52
	1,2449	54,8	80,1	124,38
	1,3194	79,4	115,8	135,92

1,0769 spec. Gew. = 20,8 Atome (14,2) LiO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	35,5	32,0	60	269,0	265,5
19,5	90,5	86,5	80	384,0	380,0
40	171,5	168,0	99,5	508,0	514,0

Lösungen von salpetersaurem Natron[1]).

1,3354 spec. Gew. = 84,4 Atome NaO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	45,0	48,0	40	263,0	271,0
19,5	145,0	155,0			
40	138,0	142,5	80	384,5	384,5
60	257,5	260,0	99,4	511,0	515,0

1,2640 spec. Gew. = 61,0 Atome NaO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	19,0	23,5	40	230,0	242,0
19,5	114,0	128,5			
40	127,5	131,5	80	376,0	376,0
60	247,5	250,0	99,8	509,0	514,5

1,1930 spec. Gew. = 41,0 Atome NaO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	56,5	64,0	40	258,5	264,5
19,5	148,0	156,0			
40	130,0	126,0	80	374,5	370,5
60	245,0	243,0	99,6	507,0	510,0

1,1062 spec. Gew. = 20,8 Atome NaO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	18,0	17,0	40	182,0	182,0
19,5	88,0	87,5			

1) Wo weitere Angaben fehlen, ist der Concentrationsgrad der Lösungen aus früher veröffentlichten Beobachtungen abgeleitet.

19,5	46,0	37,5	80	374,0	367,0
60	249,0	242,0	99,8	510,0	510,5

Lösungen von salpetersaurem Kali.

1,1275 spec. Gew. = 23,4 Atome KO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	53,0	67,5	80	373,5	380,0
40	143,0	156,0	99,6	509,0	512,5
60	250,0	260,0			

1,0695 spec. Gew. = 12,0 Atome KO, NO_5.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	79,0	80,5	80	381,0	378,5
40	158,5	159,0	99,0	511,0	512,5
60	260,0	258,0			

Lösungen von schwefelsaurem Lithon.

1,1780 spec. Gew. = 44,8 Atome LiO, SO_3 [1]).

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	140,0	144,5	60	318,5	325,5
19,5	181,0	191,0	80	409,0	412,0
40	243,0	252,0	99,5	505,0	513,0

1,0983 spec. Gew. = 23,0 Atome LiO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	107,0	110,0	60	290,5	298,5
19,5	142,0	154,0	80	393,5	397,0
40	207,0	217,0	99,7	509,0	513,5

1) Der Concentrationsgrad der Lösungen von schwefelsaurem Lithon wurde abgeleitet aus frühern Beobachtungen, die bisher noch nicht veröffentlicht wurden und hiernächst folgen, wobei die Reihenfolge der einzelnen Columnen auch wieder die frühere (Bd. 104, S. 154) ist.

A	*B*	*C*	*D*	*E*
LiO, SO_3	1,0599	7,4	13,5	101,28
	1,1178	15,3	28,0	103,14
	1,1667	22,6	41,5	105,12
	1,2081	29,4	53,9	107,12

Diese Lösungen wurden wie früher (Bd. 95, S. 470) analysirt.

1,0544 spec. Gew. = 12,0 Atome LiO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	96,0	99,0	60	271,5	283,5
19,5	119,5	137,5	80	382,0	389,5
40	183,5	199,5	99,7	509,0	513,5

Lösungen von schwefelsaurem Natron[1]).

1,1165 spec. Gew. = 20,2 Atome NaO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	80,0	96,0	80	374,0	380,0
40	161,0	175,0	100	502,0	508,5
60	258,5	269,0			

1,0627 spec. Gew. = 10,6 Atome NaO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	92,0	102,0	80	377,0	380,5
40	165,0	173,0	99,6	509,0	512,5
60	260,0	266,5			

Lösungen von schwefelsaurem Kali.

1,0715 spec. Gew. = 11,0 Atome KO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	111,5	87,0	80	375,0	375,0
40	170,0	171,0	100	507,0	506,5
60	260,0	264,0			

1,0376 spec. Gew. = 5,8 Atome KO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	100,0	97,5	80	373,0	368,0
40	165,5	162,5	99,9	504,0	509,5
60	258,0	253,0			

Die nachfolgende Tabelle, welche der frühern (S. 42) entspricht, enthält die aus den vorstehenden Angaben berechneten Volumina.

1) Hinsichtlich dieser Lösungen kann wieder auf das verwiesen werden, was früher (Bd. 100, S. 412, Anmerk. 1) bei den Lösungen von Chlorlithium bemerkt wurde.

LiO, NO_5.

	20,8	39,0	59,2	84,0	113,0
0° C.	0,99420	0,99242	0,99133	0,99061	
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00836	1,00939	1,01008	1,01041	1,01073
60	1,01827	1,01976	1,02059	1,02113	1,02145
80	1,02984	1,03117	1,03193	1,03237	1,03266
100	1,04302	1,04378	1,04415	1,04417	1,04428

NaO, NO_5.

	20,8	41,0	61,0	84,4
0° C.	0,99272	0,99071	0,98994	0,98962
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00961	1,01102	1,01156	1,01174
60	1,02076	1,02278	1,02366	1,02376
80	1,03336	1,03577	1,03653	1,03648
100	1,04746	1,04969	1,05030	1,04980

KO, NO_5.

	12,0	23,4
19°,5 C.	1,00000	1,00000
40	1,00816	1,00916
60	1,01836	1,01988
80	1,03051	1,03217
100	1,04437	1,04587

LiO, SO_3.

	12,0	23,0	44,8
0° C.	0,99656	0,99573	0,99533
19,5	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00660	1,00668	1,00642
60	1,01539	1,01512	1,01407
80	1,02632	1,02531	1,02305
100	1,03905	1,03707	1,03317

	NaO, SO_3		KO, SO_3	
	10,6	20,2	5,8	11,0
19°,5 C.	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00748	1,00826	1,00683	1,00728
60	1,01708	1,01802	1,01616	1,01659
80	1,02872	1,02946	1,02774	1,02799
100	1,04217	1,04230	1,04135	1,04116

Aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle wurden mittelst graphischer Interpolation die in der nachfolgenden Tabelle angeführten Werthe erhalten, eine Tabelle, deren Einrichtung genau die der frühern (Bd. 111, S. 68) ist.

LiO, NO_5.

	20		40		60		80		100
0° C.	0,99428	192	0,99236	106	0,99130	58	0,99072		
	572		764		870		928		
19,5	1,00000	0	1,00000	0	1,00000	0	1,00000	0	1,00000
	830		944		1010		1038		1058
40	1,00830	114	1,00944	66	1,01010	28	1,01038	20	1,01058
	988		1036		1050		1068		1076
60	1,01818	162	1,01980	80	1,02060	46	1,02106	28	1,02134
	1158		1142		1134		1126		1120
80	1,02976	146	1,03122	72	1,03194	38	1,03232	22	1,03254
	1322		1258		1222		1186		1168
100	1,04298	82	1,04380	36	1,04416	2	1,04418	4	1,04422

	NaO, NO_5								KO, NO_5
	20		40		60		80		20
0° C.	0,99286	208	0,99078	82	0,98996	32	0,98964		
	714		922		1004		1036		
19,5	1,00000	0	1,00000	0	1,00000	0	1,00000		1,00000
	952		1098		1154		1172		892
40	1,00952	146	1,01098	56	1,01154	18	1,01172		1,00892
	1112		1172		1210		1204		1058
60	1,02064	206	1,02270	94	1,02364	12	1,02376		1,01950
	1256		1300		1288		1278		1228
80	1,03320	250	1,03570	82	1,03652	2	1,03654		1,03178
	1412		1392		1378		1344		1372
100	1,04732	230	1,04962	68	1,05030	32	1,04998		1,04550

LiO, SO_3.

	10		20		40
0° C	0,99679	87	0,99592	58	0,99534
	321		408		466
19,5	1,00000	0	1,00000	0	1,00000
	655		668		651
40	1,00655	13	1,00668	17	1,00651
	886		854		784
60	1,01541	19	1,01522	87	1,01435
	1107		1038		921
80	1,02648	88	1,02560	204	1,02356
	1295		1200		1046
100	1,03943	183	1,03760	358	1,03402

NaO, SO_3. KO, SO_3.

	NaO, SO_3 10		NaO, SO_3 20		KO, SO_3 10		KO, SO_3 20
19°,5 C.	1,00000	0	1,00000		1,00000	0	1,00000
	742		824		720		780
40	1,00742	82	1,00824		1,00720	60	1,00780
	958		976		932		928
60	1,01700	100	1,01800		1,01652	56	1,01708
	1166		1144		1144		1118
80	1,02866	78	1,02944		1,02796	30	1,02826
	1348		1286		1324		1248
100	1,04214	16	1,04230		1,04120	46	1,04074

Es wird nicht uninteressant seyn, die hauptsächlichsten Resultate der vorstehenden Tabellen mit denen zu vergleichen, welche früher (Bd. 111, S. 71) hinsichtlich der Chlor-, Brom- und Iodalkalien zusammengestellt wurden und folgen deshalb hiernächst zwei Schemata, welche den ebendaselbst S. 71 angeführten entsprechen.

O, NO_5

+ − +	+ — 82 7	

O, SO_3

48 − 0	+ —	88 —

Die Distanz gleichen Volums ist sonach bei salpetersaurem Lithon gröfser, als sie bei einem der drei früher untersuchten

Lithiumsalze beobachtet wurde; sie nimmt, soweit wenigstens die vorstehenden Zahlen urtheilen lassen, ab mit zunehmender Concentration und verhält sich also in dieser Hinsicht wie die des Iodlithiums. Wird dieselbe mit der des salpetersauren Natrons verglichen, so beobachtet man eine Erscheinung, welche auch bereits früher bei den entsprechenden Iodüren deutlich hervortrat, die nämlich, dafs bei niederen Concentrationsgraden das schwerere, bei höheren Concentrationsgraden dagegen das leichtere Salzatom die gröfsere Distanz gleichen Volums zeigt.

In dem Schema der schwefelsauren Salze bezeichnet die vor dem Minuszeichen stehende Zahl die Distanz gleichen Volums für den Fall, dafs die beiden Concentrationsgrade von 10 und 20 Salzatomen mit einander verglichen werden und unterscheidet sich in dieser Hinsicht dieses Schema von den frühern.

Den zweiten Vergleich, welcher die Ausdehnung der bei 19°,5 C. gleichen Volumina verschiedener Salzlösungen für gleiche Temperaturabstände betrifft, liefert die nächstfolgende Tabelle, deren Einrichtung auch wieder genau die der entsprechenden frühern (Bd. 111, S. 73) ist.

20	40	60	80
NaO, NO_5	NaO, NO_5	NaO, NO_5	NaO, NO_5
KO, NO_5	LiO, NO_5	LiO, NO_5	LiO, NO_5
LiO, NO_5	LiO, SO_3		
NaO, SO_3			
KO, SO_3			
LiO, SO_3			

Die Aufeinanderfolge der Kali-, Natron- und Lithionsalze ist demnach genau dieselbe, wie in der frühern Tabelle. Die drei salpetersauren Salze sind überdiefs von den drei schwefelsauren Salzen durch einen weiten Zwischenraum getrennt, so zwar, dafs ein jedes salpetersaure Salz noch über dem entsprechenden Iodüre, ein jedes schwefelsaure Salz ganz nahe bei dem entsprechenden Chlorüre liegt.

Aus den Werthen der vorstehenden Tabellen berechnen sich die Volumina, welche die Salzlösungen bei den verschiedenen Temperaturen einnehmen, *wenn bei jeder dieser*

Temperaturen das Volum des lösenden Wassers als 100 *angenommen wird,* wie folgt:

Atome LiO, NO_5.

	20	40	60	80	100
0° C.	105,42	111,20	117,22	123,32	
19,5	105,86	111,90	118,08	124,30	130,60
40	106,08	112,26	118,54	124,82	131,18
60	106,16—	112,40—	118,70—	125,00—	131,38—
80	106,12	112,34	118,62	124,92	131,28
100	106,00	112,14	118,38	124,62	130,94

Atome NaO, NO_5.

	20	40	60	80
0° C.	105,52	111,90	118,78	125,84
19,5	106,12	112,78	119,80	126,96
40	106,48	113,32	120,44	127,66
60	106,68	113,60	120,78	128,02
80	106,74—	113,70—	120,88—	128,12—
100	106,72	113,66	120,82	128,00

Atome KO, NO_5.

	20
0° C.	
19,5	108,20
40	108,50
60	108,64
80	108,68—
100	108,62

Atome LiO, SO_3.

	10	20	40
0° C.	100,72	101,82	104,54
19,5	100,90	102,08	104,88
40	100,94—	102,14—	104,92—
60	100,90	102,06	104,78
80	100,82	101,92	104,50
100	100,70	101,70	104,12

Atome NaO, SO_3.

	10	20
19,5	101,00	102,34
40	101,14	102,56
60	101,16—	102,60—
80	101,14	102,56
100	101,06	102,42

Atome KO, SO_3.

	10	20
19,5	102,02	104,36
40	102,12	104,54
60	102,14—	104,54
80	102,10	104,46
100	101,98	104,28

Die sämmtlichen vorstehenden Salzlösungen zeigen sonach auch wieder ein Maximum des Volums innerhalb der Gränzen von 0° bis 100° C. Die Temperaturen, bei welchen diese Maxima liegen, sind hiernächst in einer der frühern (Bd. **111**, S. 78) entsprechenden Tabelle zusammengestellt.

Temperaturen der Maxima (Curven des Volums).

LiO, NO_5	NaO, NO_5	KO, NO_5
66 — 64	84 — 79	78 —
LiO, SO_3	NaO, SO_3	KO, SO_3
37 — 35	60 —	50 —

Die Aufeinanderfolge der Maxima ist demnach bei den schwefelsauren Alkalien genau wie bei den salpetersauren, überhaupt also in beiden Fällen genau wie früher bei den Chlor-, Brom- und Iodalkalien, so zwar, dafs bei dem Lithonsalze das Maximum bei der niedrigsten, bei dem Kalisalze bei der nächsthöhern und bei dem Natronsalze bei der höchsten Temperatur liegt. Bei den drei salpetersauren Alkalien liegen die Maxima noch höher, als sie früher bei den entsprechenden Iodüren beobachtet wurden.

Was nun weiter die Lage der Volumscurven anlangt, so liegen die der salpetersauren Salze zwischen denen der entsprechenden Bromüre und Iodüre, die der schwefelsauren Salze unter denen der Chlorüre und gilt diefs für sämmtliche bisher beobachtete Concentrationsgrade.

Weder die Volumscurven der salpetersauren, noch auch die der schwefelsauren Alkalien zeigen innerhalb 0° und 100° einen Kreuzungspunkt.

Die Werthe der Modification des mittlern Volums $\left(\frac{h-m}{h}\right)$, welche sich aus den vorstehenden Zahlen berechnen, sind für die verschiedenen Concentrationsgrade und Temperaturen in der nächstfolgenden Tabelle zusammengestellt:

II.

	$k = \left(\frac{Li+K}{2}\right) O, NO_5$ $m = \underline{Na} O, NO_5$	$k = \left(\frac{Li+K}{2}\right) O, SO_3$ $m = \underline{Na} O, SO_3$
19°,5 C.		+ 0,0045 (10)
40		38
60		35
80		32
100		28
19°,5 C.	+ 0,0085	+ 0,0085 (20)
40	75	75
60	67	68
80	61	61
100	55	55

Die Curven der beiden Modificationen $\underline{Na} O, NO_5$ und $\underline{Na} O, SO_3$ fallen sonach bei einem Concentrationsgrade von 20 Salzatomen auf einander und verlaufen, wie aus den Zahlen der frühern Tabelle II (Bd. 111, S. 83) ersichtlich ist, ganz dicht unter der Curve $\underline{Na} J$. Diese Erscheinung ist insofern bemerkenswerth, als sie darauf hindeutet, dafs innerhalb constanter Temperaturgränzen eine jede Modification einen ihr eigenthümlichen Lauf zeigt, woran die Massen, auf welche sie sich vertheilt, nur wenig ändern. Für diese Ansicht spricht ganz besonders noch die frühere Fig. 6 (Bd. 111, Taf. 1), in welcher der Verlauf einer jeden Modification durch ein Curvensystem dargestellt erscheint, dessen einzelne Curven schon bei nur geringer Entfernung von den Punkten der Maxima und Minima hinsichtlich ihres Verlaufs sich nur wenig unterscheiden, wo hingegen die Systeme selbst die verschiedensten Richtungen nehmen [1]).

Die Salpetersäure, welche zu den nächstfolgenden Versuchen benutzt wurde, zeigte sich frei von den gewöhnli-

1) Dafs die drei Curvensysteme $\underline{Zn}$, $\underline{\underline{Zn}}$ und $\underline{\underline{Cd}}$ sich hinsichtlich ihres allgemeinen Verlaufs nur wenig von einander unterscheiden, ist durch die Nähe ihrer bei nur wenig verschiedenen Temperaturen liegenden Maxima bedingt.

chen Verunreinigungen und wurde die concentrirte Säure, die übrigens vollständig wasserhell war, zunächst während 15 Minuten in lebhaftem Sieden erhalten, um einen etwaigen Rest von Untersalpetersäure zu entfernen. Eine jede der nachfolgenden verdünnten Lösungen wurde überdiefs noch unmittelbar vor dem Einfüllen in den Ausdehnungsapparat, wie gewöhnlich, während 5 Minuten ausgekocht. Um den Gehalt der Lösungen an Salpetersäure zu bestimmen, wurden dieselben mit kohlensaurer Baryterde abgesättigt, darauf längere Zeit gekocht und aus den heifs filtrirten Lösungen wurde darauf die Baryterde mittelst Schwefelsäure präcipitirt. Die von der verdünnten freien Salpetersäure etwa noch in Auflösung erhaltene schwefelsaure Baryterde glaubte ich vernachlässigen zu können, doch fand ich im Laufe der Versuche, dafs der hierdurch verursachte Fehler selbst bei einer bedeutenden Verdünnung der freien Salpetersäure immer noch corrigirt zu werden verdient [1]). Es sind daher die hiernächst angeführten Lösungen der Salpetersäure vorerst blofs durch das specifische Gewicht näher bezeichnet, welches sie bei 19°,5 C. besitzen.

Lösungen von Salpetersäure.

1,3820 spec. Gew.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	27,0	20,0	40	437,0	427,0
19,5	223,5	209,0			
40	170,0	173,0	60	385,0	396,0
60	162,5	166,0	80	399,0	390,0
80	205,0	209,5	100,2	456,0	449,0

1,3518 spec. Gew.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	20,0	26,0	40	409,0	413,5
19,5	198,0	217,0			

1) Hierauf bezügliche Angaben finden sich auch im Jahresberichte für 1856.

1,3518 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
40	169,0	177,5	60	383,0	379,5
60	202,0	219,5	80	432,0	431,5
80	233,0	238,5	100,2	470,0	473,0

1,3048 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	31,0	35,0	40	386,5	385,5
19,5	195,5	204,5			
40	221,0	225,0	60	418,0	411,0
60	231,5	233,0	80	440,5	432,0
80	236,0	253,0	99,9	461,0	458,5

1,2580 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	17,0	23,0	40	337,5	333,0
19,5	168,5	169,0			
40	217,0	220,0	60	393,5	390,0
60	250,0	255,0	80	442,0	435,0
80	260,0	267,0	100,2	468,0	459,0

1,2280 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	15,0	16,0	40	307,5	306,5
19,5	150,5	155,0			
40	133,0	141,0	60	297,0	297,5
60	147,0	158,0	99,2	505,0	505,0
80	323,0	327,0			

1,1780 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	15,0	21,0	40	265,0	275,0
19,5	125,0	147,0	60	409,5	418,0
60	181,0	194,0	100	511,0	514,5
80	337,0	348,0			

1,1264 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	50,0	54,5	40	254,0	268,0
19,5	138,0	157,0	60	383,0	390,0
60	214,0	213,5	100,1	507,0	508,5
80	354,0	351,0			

1,0682 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	41,0	46,0	60	302,0	305,0
19,5	102,0	112,0	80	431,5	428,5
40	193,0	200,0			
19,5	36,0	63,0	100	510,0	514,5

Die Schwefelsäure, welche zu den nächstfolgenden Versuchen benutzt wurde, war ebenfalls frei von den gewöhnlichen Verunreinigungen, wie Salzsäure, Stickstoffverbindungen und Bleioxyd Um den Gehalt der Lösungen an Schwefelsäure zu bestimmen, wurde letztere als schwefelsaure Baryterde präcipitirt. Da die schwefelsaure Baryterde die Eigenschaft besitzt, mit andern löslichern Barytsalzen mehr oder weniger innig sich zu verbinden, diese Eigenschaft indefs mit der zunehmenden Löslichkeit des präcipitirenden Baryterdesalzes abzunehmen scheint, so präcipitirte ich die Schwefelsäure der drei ersten Concentrationsgrade durch essigsaure Baryterde, ersetzte diese indefs, da die in dieser Weise erhaltene schwefelsaure Baryterde sich hinsichtlich der weitern Behandlung nicht besonders em-

pfiehlt, bei den folgenden Concentrationsgraden durch Chlorbaryum. Die in dieser Weise dargestellte und mit warmem Wasser vollständig ausgesüfste schwefelsaure Baryterde giebt, unmittelbar nach dem Glühen mit siedendem Wasser extrahirt, nur äufserst geringe Spuren von Chlor. Ihre Auflöslichkeit in der freien verdünnten Salzsäure ist, wie ich bereits früher (Band 100, Seite 405) beobachtete, ganz unbedeutend und wird, wie wenigstens mehrfach angegeben ist, überdiefs noch vermindert durch den Gehalt der Lösung an überschüssigem Chlorbaryum. Diese Fehlerquelle glaubte ich daher füglich vernachlässigen zu können und diefs um so mehr, da die Menge der präcipitirten schwefelsauren Baryterde nicht unbedeutend war, sondern durchschnittlich 4 bis 5 Grm. betrug.

Die hiernächst angeführten Lösungen der Schwefelsäure sind auch wieder bezeichnet durch das specifische Gewicht, welches sie bei 19°,5 C. besitzen und durch die Anzahl der Atome von wasserfreier Schwefelsäure oder von Schwefelsäurehydrat, welche in den Lösungen neben 100 Gewichtstheilen Wasser enthalten sind und aus den nebenstehenden beobachteten Gewichtstheilen sich berechnen.

Lösungen von Schwefelsäure [1]).

1,8352 spec. Gew. = 798,1 Atome (319,2) SO_3 oder
2832,7 Atome (1388,0) Atome HO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	31,0	30,0	40	249,0	258,0
19,5	133,0	147,5	60	363,0	364,5
19,5	62,5	85,0	99,5	510,0	514,0
80	406,0	405,0			

1) Die folgenden Beobachtungen differiren von den früher (Jahresbericht für 1849) von Bineau veröffentlichten nur wenig, und sind die Differenzen überdiefs theilweise noch durch die verschiedenen Beobachtungstemperaturen bedingt.

1,8280 spec. Gew.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	41,0	45,0	40	271,0	273,0
19,5	151,0	159,5	60	387,5	382,5
40	167,5	182,5	99,4	508,0	510,0
80	400,5	399,0			

1,8185 spec. Gew.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	34,5	37,0	40	272,0	268,5
19,5	150,0	151,0	60	391,0	382,5
40	160,0	173,0	99,8	510,0	510,5
80	395,0	399,5			

1,8075 spec. Gew. = 645,1 Atome (258,0) SO_3 oder 1538,2 Atome (753,7) HO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	47,0	53,0	40	292,0	291,0
19,5	165,5	171,0	60	415,0	406,0
40	157,0	160,0	100,1	509,0	513,0
80	393,0	395,0			

1,7933 spec. Gew. = 598,9 Atome (239,6) SO_3 oder 1298,8 Atome (636,4) HO, SO_3.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	53,0	53,5	40	299,5	299,5
19,5	171,0	178,0			
40	150,0	152,5	80	387,0	395,5
60	262,0	282,0	100,2	508,0	509,5

Die nächstfolgende Tabelle, welche der frühern (Bd. 111, S. 66) entspricht, enthält die aus den vorstehenden Angaben berechneten Volumina. Den Columnen der noch nicht analysirten Lösungen sind überschrieben die specifischen Gewichte und denen der bereits analysirten Lösungen die

Atomenmenge der wasserfreien Säure in erster und des Säurehydrats in zweiter Linie.

NO_5 oder HO, NO_5.

	1,0682	1,1264	1,1780	1,2280
0° C.	0,99340	0,99044	0,98826	0,98639
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00916	1,01142	1,01343	1,01530
60	1,01998	1,02399	1,02772	1,03144
80	1,03268	1,03804	1,04344	1,04902
100	1,04689	1,05356	1,06066	1,06803

	1,2580	1,3048	1,3518	1,3820
0° C.	0,98527	0,98363	0,98201	0,98115
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,01645	1,01827	1,01997	1,02100
60	1,03373	1,03736	1,04078	1,04281
80	1,05252	1,05802	1,06326	1,06633
100	1,07283	1,08032	1,08735	1,09154

SO_3 oder HO, SO_3.

	598,9	645,1			798,1
	1298,8	1538,2	1,8185	1,8280	2832,7
0° C.	0,98795	0,98820	0,98851	0,98878	0,98905
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,01250	1,01234	1,01201	1,01173	1,01141
60	1,02464	1,02426	1,02370	1,02309	1,02253
80	1,03677	1,03619	1,03542	1,03457	1,03367
100	1,04858	1,04795	1,04698	1,04594	1,04468

Die Ergänzungen der vorstehenden Tabellen werden gelegentlich mitgetheilt, zugleich mit den daraus abzuleitenden Folgerungen.

Was nun schliefslich die Ausdehnung des destillirten und ausgekochten Wassers anlangt, so wurde diese bereits vor längerer Zeit untersucht und zwar mit Hülfe des Apparats, dessen ich mich bei der Bestimmung der beiden Chlorcalciumlösungen von dem spec. Gew. 1,2447 und

1,3094 bediente (Bd. 105, S. 364). Die damaligen Beobachtungen waren folgende:

Wasser.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
19°,5 C.	71,0	39,25	60	215,25	196,25
40	127,25	101,0	80	330,0	322,0

Die hieraus sich berechnenden Volumina sind folgende:

19°,5 C.	1,00000
40	1,00612
60	1,01533
80	1,02723

Neuerdings habe ich wieder die Ausdehnung des destillirten und ausgekochten Wassers bestimmt und zwar mit Hülfe des zuletzt (Bd. 108, S. 115) beschriebenen Apparats, dessen ich mich von jener Zeit an bis jetzt noch immer bedient habe. Der Ausdehnungsapparat wurde bei ungefähr 98° C. zugeschmolzen, damit die beiden Flüssigkeitssäulen in Folge des etwas verstärkten Druckes nicht so leicht verdunsteten, wenn später ihr Stand bei einer um etwas höhern Temperatur beobachtet wurde. Diese Beobachtung wurde, wie es auch früher immer geschehen, zunächst angestellt, damit die vorgenannte Fehlerquelle möglichst vermieden wurde. Erst nachdem der Stand der beiden Flüssigkeitssäulen bei 100°,2 C. in dem früher beschriebenen Kochgefäfs beobachtet worden war, wurde der Apparat, von einer gröfsern Wassermasse umgeben, wieder bis in die Nähe von 100° erwärmt, worauf er alsdann in dieser Wassermasse ganz langsam erkaltete [1]).

Die beobachteten Werthe sind folgende:

1) Die Wassermasse war im vorliegenden Falle so bedeutend, dafs sie, um von 100 bis auf etwa 20° zu erkalten, nicht weniger als 10 Stunden brauchte. Später habe ich mich indefs davon überzeugt, dafs es vollkommen hinreichend ist, wenn selbige, wie bei den frühern Versuchen, nur etwa vier Stunden dazu bedarf

Wasser.

Temp.	*a*	*b*	Temp.	*a*	*b*
0° C.	54,0	80,75	60	217,0	232,5
19,5	64,75	91,0	80	341,0	344,0
40	124,5	146,5	100,2	485,0	486,0

Die hieraus sich berechnenden Volumina sind folgende:

0° C.	0,99845
19,5	1,00000
40	1,00612
60	1,01528
80	1,02721
100	1,04135

Die Ausdehnung des Wassers zwischen 0 und 100° C. ist hiernach, wenn das Volum bei 0° als Einheit angenommen wird, = 0,042971, welches Resultat unter den über diesen Gegenstand bereits veröffentlichten sich dem von Kopp gefundenen (0,042986) am meisten nähert (Jahresbericht für 1856, S. 50).

III. *Ueber das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen; von Fr. Rüdorff.*

(Auszüglich mitgetheilt der K. Akademie der Wissensch. zu Berlin am 18. April 1861.)

---

1. Die Temperatur, bei welcher eine Flüssigkeit und namentlich das Wasser seinen Aggregatzustand verändert, wird bekanntlich wesentlich modificirt durch gewisse physikalische Einflüsse. So wird der Siedepunkt des Wassers nach den Untersuchungen der Hrn. Buff[1]) und Magnus[2]) um mehrere Grade erhöht, wenn eine bedeutende Adhäsion an die Wand des Gefäfses stattfindet, und die Erhöhung des Siedepunktes ist nach den Versuchen der HH. Fara-

1) Ann. der Pharm. Bd. II, S. 220. (1832).
2) Pogg. Ann. Bd. XXXVIII, S. 481.

day [1]), Griffiths [2]), Legrand [3]) noch bedeutender, wenn in dem Wasser ein Salz aufgelöst ist. Ebenso übt die Gegenwart eines Salzes bei allen Temperaturen einen wesentlichen Einflufs auf die Spannkraft des Wasserdampfes [4]) und die Spannkraft des Wasserdampfes ist bedeutend geringer, wenn sich dasselbe aus Salzlösungen entwickelt, als wenn es aus reinem Wasser entsteht, für welche Erscheinung durch zahlreiche Versuche von den HH. v. Babo [5]) und Wüllner [6]) die numerischen Werthe ermittelt worden sind.

Viel weniger hat sich bisjetzt die Aufmerksamkeit der Physiker auf die Einflüsse gerichtet, welche auf den Gefrierpunkt des Wassers verändernd einwirken. Es geht aus einigen Beobachtungen hervor, dafs alle diejenigen Einflüsse, welche den Siedepunkt des Wassers erhöhen, auch den Gefrierpunkt desselben erniedrigen. In Capilarröhren gefriert das Wasser nach Sorby [7]) und Mousson [8]) je nach der Weite der Röhre erst bei — 7° oder — 15° C.

Aus einer grofsen Zahl älterer Beobachtungen geht hervor, dafs aus Meerwasser oder einer andern Salzlösung bei viel niedrigerer Temperatur sich Eis bildet als dieses bei reinem Wasser der Fall ist. An numerischen Bestimmungen fehlt es hierfür bis jetzt fast gänzlich. Bei Gelegenheit eines Streites über das Maximum der Dichtigkeit von Meerwasser und Salzlösungen überhaupt zwischen den HH. Erman [9]) und Despretz [10]) hat letzterer einige Versuche

1) *Annal. de Chim. et de Phys. Ser. II. Tome XX. pag.* 324.
2) *Austerly Journ. of Sc. XVIII.* 90. Auch Pogg. Ann. II. 227.
3) *Annal. de Chim. et de Phys. LIX.* 423.
4) Magnus, Pogg. Ann. Bd. LXI, S. 249.
5) Verhandl. d. Gesellsch. für Beförd. der Naturwissensch. zu Freiburg in B. 16 u. 17. (1857.)
6) Pogg. Ann. CIII., 529 u. CX, S. 564.
7) Philos. Mag. (4) XVIII., S. 105.
8) *Bibliothèque universelle de Genève III.* 296. (1858).
9) Pogg. Ann. Bd. XLI, S. 72.
10) *Comp. rend. t. XI. p.* Auch Pogg. Ann. Bd. XLI, S. 492 u. Bd. LII, S. 177.

über das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen angestellt, dieselben erstrecken sich indessen nur auf wenige Salze und war die Concentration der Lösungen nur wenig verschieden von einander.

Um den Einfluſs, welchen ein in Wasser gelöstes Salz auf den Gefrierpunkt desselben ausübt, genauer kennen zu lernen, habe ich im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus die nachstehenden Versuche ausgeführt.

2. Bekanntlich entwickelt sich aus einer siedenden Salzlösung reiner Wasserdampf. Ebenso erleidet nur das Lösungswasser eine Veränderung des Aggregatzustandes, wenn sich in einer Salzlösung Eis bildet. Es liegen eine groſse Zahl von Beobachtungen vor, daſs aus dem im Meerwasser gebildeten Eise reines Wasser entsteht, und in kältern Klimaten wird bekanntlich aus dem Meerwasser eine salzreichere Flüssigkeit dadurch erhalten, daſs man einen Theil des Wassers ausfrieren läſst. Seit Nairne[1]) sind vielfache Untersuchungen über die Zusammensetzung des aus dem aufgethauten Meereise erhaltenen Wassers angestellt, alle führten zu dem Resultate, daſs dasselbe ein trinkbares Wasser liefere, welches im specifischen Gewicht und dem Salzgehalt dem Quellwasser, wenn auch nicht gleich, doch sehr nahe komme. Ebenso geht aus Versuchen von Parrot[2]) hervor, daſs aus Salzlösungen Eis gefriert, welches nur sehr wenig Salz enthält und daſs dieser Salzgehalt um so geringer ist, je langsamer sich das Eis bildet. Einige Versuche, welche ich hierüber angestellt habe, führten zu demselben Resultate. Der, wenn auch geringe, Salzgehalt des in Salzlösungen entstehenden Eises hat seinen Grund in der eigenthümlichen Beschaffenheit desselben. Dasselbe hat nämlich stets ein schiefriges Gefüge und hält zwischen seinen Lamellen eine nicht unbedeutende Menge der Salzlösung zurück.

Eine Kochsalzlösung vom spec. Gew 1,028 bei + 15 C. wurde während einer Nacht einer Temperatur von ungefähr

1) *Philos. Transact.* 1777. *Vol.* 66. *p.* 249.

2) Gilbert's Ann. Bd. LVII, S. 144.

— 6° C. ausgesetzt. Etwa ein Drittel der Lösung war zu Eis geworden. Dieses wurde auf einen Trichter geworfen und lieferte, nachdem die anhaftende Lösung soviel als möglich abgetropft war, eine Flüssigheit, welche bei + 15° C. ein spec. Gew. von 1,010 hatte, bei welcher Temperatur der flüssiggebliebene Theil ein spec. Gew. von 1,031 zeigte. Läſst man eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd oder zweifach chromsaurem Kali theilweise gefrieren, so zeigt schon die Farbe des flüssiggebliebenen Theils und der aus dem Eise resultirenden Lösung, daſs jene von gröſserem, diese dagegen von geringerem Salzgehalt ist als die ursprüngliche Lösung. Es ist also wohl mit Bestimmtheit anzunehmen, daſs aus einer Salzlösung reines Eis gefriert und daſs der geringe Salzgehalt desselben nur von eingeschlossener Mutterlauge herrührt.

3. Um die Temperaturen zu ermitteln, bei welchen die Ausscheidung von Eisstücken verschiedener Salzlösungen stattfindet, wurde auf folgende Weise verfahren. Die zur Untersuchung angewandten Salze wurden entweder durch wiederholtes Umkrystallisiren möglichst rein dargestellt oder auch aus reinen Materialien gewonnen. Nachdem dieselben bei einer geeigneten Temperatur von ihrem Krystallwasser oder hygroskopischen Wasser befreit waren, wurden von denselben auf einer empfindlichen Waage bestimmte Quantitäten abgewogen und diese in 100 Grm. Wasser gelöst.

Bei einigen Salzen lieſs sich wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaft nicht füglich ein ganz bestimmtes Gewicht auswägen, diese Salze wurden völlig entwässert, noch heiſs in ein wohlverschlieſsbares Glasrohr gebracht und in diesem das Gewicht derselben ermittelt. Die so bestimmten beliebigen Mengen der Salze wurden entweder in 100 Grm. Wasser gelöst oder es wurde zu ihrer Lösung soviel Wasser verwandt, daſs in der Lösung 1, 2, 4 etc. Grm. Salz auf 100 Grm. Wasser enthalten waren. Diese so hergestellten Lösungen wurden in Glasgefäſsen in eine Kältemischung aus Kochsalz und Schnee gestellt und ihre Erkaltung an einem Thermometer abgelesen, mit welchen sie

stets umgerührt wurden. Die Eintheilung des Thermometers erlaubte eine Ablesung der Temperatur von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$° C. Um mögliche Veränderungen des Nullpunktes zu controliren wurde derselbe von Zeit zu Zeit bestimmt.

4. Zur Erlangung von übereinstimmenden Resultaten war es erforderlich, die Lösung während der Abkühlung durch Umrühren zu bewegen. Ueberläfst man eine Salzlösung sich selbst, so geht die Eisbildung von den Gefäfswänden aus, diese überziehen sich mit einer Eisrinde, welche sich nur langsam verdickt. Die äufsern Schichten der Lösung haben dann eine viel niedrigere Temperatur als die innern Schichten. Aus der bewegten Lösung dagegen geschieht die Eisbildung plötzlich in allen Theilen derselben, die Flüssigkeit wird trüber von flockigem schuppigem Eise, wobei das Thermometer ebenso plötzlich oft um mehrere Grade steigt und während längerer Zeit einen unveränderten Stand annimmt. Diese Erscheinung stellte sich bei allen Salzlösungen heraus, ihre Temperatur konnte oft ganz bedeutend unter 0° abgekühlt werden, ohne dafs sich Eis in ihnen bildete, bei der dann plötzlich eintretenden Eisbildung stieg die Temperatur. Bekanntlich zeigt reines Wasser die merkwürdige Eigenschaft sich um mehre Grade unter den Gefrierpunkt abkühlen zu lassen ohne zu Eis zu werden, bei der dann plötzlich eintretenden Eisbildung steigt die Temperatur auf 0°. Diese Erscheinung, welche zuerst von Fahrenheit[1]) im Jahre 1722 beobachtet wurde und welche das Wasser nur unter bestimmten Umständen zeigt, findet sich bei Salzlösungen allgemein. Sie wurde wohl zuerst von Nairne[2]) beim Meerwasser bemerkt, welcher fand, dafs sich Meerwasser bis 27°,5 F. abkühlen liefs, ohne fest zu werden, als nach kurzer Zeit sich Eis bildete, stieg das Thermometer auf 28°,5 F.

Diejenige Temperatur, welche das Thermometer, annahm als sich Eis bildete, habe ich als den Gefrierpunkt der Salzlösung oder als die Temperatur betrachtet, bei welcher sich

1) *Philos. Transact. Vol.* 38, *p.* 78.
2) *Philos. Transact. Vol.* 66, *p.* 249.

in der Lösung Eis zu bilden vermochte. Da aber die Menge des ausgeschiedenen Eises, namentlich bei concentrirten Lösungen, einen merklichen Einflufs auf den Procentgehalt des flüssig gebliebenen Theils der Lösung hat und der Gefrierpunkt, wie ich später zeigen werde, von dem Salzgehalt der Lösung abhängt, so mufste um den Gefrierpunkt der Lösung genau zu ermitteln eine zu grofse Ausscheidung von Eis vermieden werden. Durch ein einfaches Mittel wurde dieses erreicht. Bekanntlich lassen sich einige Salzlösungen, welche in höherer Temperatur gesättigt sind, bedeutend abkühlen, ohne dafs sich ein entsprechender Theil des gelösten Salzes ausscheidet; diese sogenannten übersättigten Lösungen lassen sich also unter ihre Sättigungstemperatur, wie jede Salzlösung unter ihren Gefrierpunkt, abkühlen. Da das wirksamste Mittel, die Uebersättigung einer Salzlösung zu verhindern, die Berührung der Lösung mit einem Krystall gleicher Art ist, wie es sich in der Lösung befindet, und aus der Salzlösung reines Eis gefriert, so wurde eine zu bedeutende Abkühlung unter den Gefrierpunkt und eine dadurch bewirkte zu grofse Ausscheidung von Eis durch ein in die Lösung geworfenes Körnchen Schnee verhindert. Um den Gefrierpunkt der Lösung genau zu erfahren, wurde derselbe durch vorläufige Versuche erst annähernd bestimmt und die Lösung dann 0°,3 bis 0°,5 C. unter diese Temperatur abgekühlt und durch ein Körnchen Schnee eine geringe Eisbildung bewirkt, das Thermometer stieg dann nur sehr wenig und die Temperatur, welche das Thermometer jetzt anzeigte, wurde als der Gefrierpunkt der Lösung notirt.

Wie in gefrierendem Wasser oder schmelzendem Schnee das Thermometer so lange einen unveränderten Stand einnimmt, bis alles Wasser fest geworden oder bis aller Schnee geschmolzen ist, so blieb auch das Thermometer auf der oben als Gefrierpunkt näher bezeichneten Temperatur beim fernern Abkühlen, nachdem sich Eis gebildet hatte, längere Zeit stehen, die Menge des Eises vermehrte sich allmäblig und erst wenn diese grofs genug ist, um auf den Procent-

gehalt der noch übrigen Lösung einen merklichen Einflufs zu üben, beginnt das Thermometer zu sinken. Entfernt man dann die Lösung aus der Kältemischung und setzt das Umrühren bei der gewöhnlichen Temperatur von ungefähr 12° C. fort, so steigt das Thermometer bis es auf derselben Temperatur, wie vorhin beim Abkühlen, so lange stehen bleibt als noch Eis in der Lösung vorhanden ist, und erst wenn dieses fast völlig verschwunden ist, tritt eine Temperaturerhöhung ein. In nachstehender Tabelle habe ich die Temperaturen verzeichnet, welche eine Kochsalzlösung, die 2 Grm. Salz in 100 Grm. Wasser enthielt, in einer Kältemischung aus Kochsalz und Schnee von Minute zu Minute zeigte. Die nebenstehende Tabelle enthält die analogen Bestimmungen für dieselbe Lösung, welche nachdem sie in der Kältemischung bis auf — 1°,5 C. abgekühlt war, in einer Temperatur von + 12° C. sich erwärmte.

Kochsalzlösung.

In der Kältemischung	Aus der Kältemischung
Nach 0' zeigt das Therm. — 0°,0 C.	Nach 0' zeigt das Therm. — 1°,5 C.
» 1 » » » — 1 ,0	» 1 » » » — 1 ,4
» 2 » » » — 1 ,5	» 2 » » » — 1 ,3
Es bildet sich Eis in der Lösung.	» 3 » » » — 1 ,2
» 3' » » » — 1°,2 C.	» 4 » » » — 1 ,2
» 4 » » » — 1 ,2	» 5 » » » — 1 ,2
» 5 » » » — 1 ,2	» 6 » » » — 1 ,2
» 6 » » » — 1 ,2	» 8 » » » — 1 ,2
» 7 » » » — 1 ,2	» 10 » » » — 1 ,2
» 8 » » » — 1 ,2	» 12 » » » — 1 ,2
» 9 » » » — 1 ,2	» 14 » » » — 1 ,2
» 10 » » » — 1 ,2	» 16 » » » — 1 ,2
» 11 » » » — 1 ,2	» 18 » » » — 1 ,2
» 12 » » » — 1 ,2	» 20 » » » — 1 ,2
» 13 » » » — 1 ,2	» 22 » » » — 1 ,2
» 14 » » » — 1 ,2	» 24 » » » — 1 ,15
» 15 » » » — 1 ,2	» 26 » » » — 1 ,1
» 16 » » » — 1 ,3	Das Eis ist verschwunden
» 17 » » » — 1 ,3	» 28 » » » — 1 ,0
» 18 » » » — 1 ,3	» 30 » » » — 0 ,8
» 19 » » » — 1 ,4	» 32 » » » — 0 ,5
» 20 » » » — 1 ,4	
» 21 » » » — 1 ,5	

Lösungen von anderem Salzgehalt ergeben ganz ähnliche Zahlenreihen, bei allen blieb das Thermometer auf der oben als Gefrierpunkt bezeichneten Temperatur sowohl beim Abkühlen als auch beim Erwärmen derselben längere Zeit stehen, so dafs man wohl berechtigt ist, gerade diese Temperatur als den Gefrierpunkt der Lösung zu betrachten.

5. Die Zahl der Salze, welche sich zu Versuchen über das Gefrieren ihres Lösungswassers eignen, ist eine sehr geringe. Nur wenige Salze sind bei einer Temperatur, welche unter dem Gefrierpunkte des Wasser liegt, in solcher Menge löslich, dafs sich daraus Lösungen von hinlänglich verschiedener Concentration herstellen liefsen und unter diesen wenigen finden sich wiederum einige, welche selbst in beträchtlicher Menge in Wasser gelöst den Gefrierpunkt desselben doch nur so wenig erniedrigen, dafs die Lösungen von geringerem Salzgehalt, Zahlen ergeben, welche wegen ihrer geringen Verschiedenheit mit verhältnifsmäfsig gar zu grofsen Beobachtungsfehlern behaftet sind. So erniedrigten 30 Grm. schwefelsaures Kupferoxyd in 100 Grm. Wasser gelöst den Gefrierpunkt desselben noch nicht um 2° C.

In den folgenden Tabellen sind die durch Versuche ermittelten Gefrierpunkte verschiedener Salzlösungen zusammengestellt. Meine Zeit gestattete mir nicht diese Untersuchung auf noch andere Salze auszudehnen, ich behalte mir deshalb vor dieselbe, sobald es die Umstände erlauben, wieder aufzunehmen. Die mit M bezeichnete Columne enthält die in 100 Grm. Wasser gelösten Mengen wasserfreien Salzes, T die zugehörigen oben näher definirten Gefrierpunkte. Die dritte Columne enthält die Quotienten $\frac{T}{M}$, d. h. die durch 1 Grm. des gelösten Salzes bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes.

Kochsalz.

M	T	T/M
1	— 0°,6 C.	— 0°,600
2	— 1 ,2	— 0 ,600
4	— 2 ,4	— 0 ,600
6	— 3 ,6	— 0 ,600
8	— 4 ,8	— 0 ,600
10	— 6 ,0	— 0 ,600
12	— 7 ,2	— 0 ,600
14	— 8 ,4	— 0 ,600
	Mittel	— 0°,600

Chlorkalium.

M	T	T/M
1	— 0°,45 C.	— 0°,450
2	— 0 ,9	— 0 ,450
4	— 1 ,8	— 0 ,450
6	— 2 ,65	— 0 ,442
8	— 3 ,55	— 0 ,443
10	— 4 ,4	— 0 ,440
12	— 5 ,35	— 0 ,446
	Mittel	— 0 ,446

Chlorammonium.

M	T	T/M
1	— 0°,65 C.	— 0°,650
2	— 1 ,35	— 0 ,675
4	— 2 ,6	— 0 ,650
6	— 3 ,9	— 0 ,650
8	— 5 ,2	— 0 ,650
10	— 6 ,5	— 0 ,650
12	— 7 ,8	— 0 ,650
	Mittel	— 0°,653

Salpetersaures Ammoniak.

M	T	T/M
1	— 0°,4 C.	— 0°,400
2	— 0 ,8	— 0 ,400
4	— 1 ,55	— 0 ,387
6	— 2 ,3	— 0 ,383
8	— 3 ,0	— 0 ,375
10	— 3 ,65	— 0 ,365
12	— 4 ,55	— 0 ,381
	Mittel	— 0°,384

Salpetersaures Kali.

M	T	T/M
1	— 0°,25 C.	— 0°,250
2	— 0 ,55	— 0 ,275
4	— 1 ,1	— 0 ,275
6	— 1 ,6	— 0 ,270
8	— 2 ,15	— 0 ,270
10	— 2 ,65	— 0 ,265
	Mittel	— 0°,267

Salpetersaures Natron.

M	T	T/M
1	— 0°,4 C.	— 0°,400
2	— 0 ,75	— 0 ,375
4	— 1 ,5	— 0 ,375
6	— 2 ,35	— 0 ,391
8	— 2 ,9	— 0 ,362
10	— 3 ,6	— 0 ,360
12	— 4 ,35	— 0 ,363
14	— 4 ,9	— 0 ,350
16	— 5 ,65	— 0 ,355
	Mittel	— 0°,370

Salpetersaurer Kalk			Kohlensaures Kali.		
M	T	$\frac{T}{M}$	M	T	$\frac{T}{M}$
1,42	—0°,4 C.	—0°,281	1,41	—0°,45 C.	—0°,319
5,02	—1 ,4	—0 ,279	3,06	—0 ,95	—0 ,310
6,99	—1 ,9	—0 ,272	5,29	—1 ,7	—0 ,321
11,12	—3 ,05	—0 ,274	7,715	—2 ,45	—0 ,318
11,86	—3 ,3	—0 ,278	12,20	—3 ,9	—0 ,319
14,92	—4 ,15	—0 ,276	14,86	—4 ,7	—0 ,316
	Mittel	—0°,277		Mittel	—0°,317

6. Vergleichen wir die durch verschiedene Mengen desselben Salzes bewirkten Erniedrigungen des Gefrierpunkts, so zeigt sich, dafs dieselben in eben demselben Verhältnifs zu einander stehen, wie die in den Lösungen befindlichen Salzmengen selbst, dafs also die Erniedrigung des Gefrierpunkts dem Salzgehalt der Lösung proportional ist. Dann müssen selbstverständlich die für 1 Grm. Salz aus den verschiedenen Beobachtungen berechneten Erniedrigungen sich bei allen Lösungen desselben Salzes als gleich ergeben; dafs dieses der Fall ist, zeigen die Quotienten der dritten Columne. Diese stimmen so gut unter einander überein, oder weichen nur so wenig von dem aus ihnen berechneten Mittelwerthe ab, dafs diese Abweichungen völlig in die Gränzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler fallen.

Von den bis jetzt untersuchten 8 Salzen krystallisiren die 6 ersten bekanntlich wasserfrei, die beiden letzten indessen krystallisiren nicht nur mit Krystallwasser, sondern beide gehören auch zu den Salzen, welche die Chemie hygroskopische oder gar zerfliefsliche nennt. Die angeführten Zahlen zeigen indessen, dafs auch bei diesen Salzen die Erniedrigungen des Gefrierpunktes zunehmen, wie die Mengen des gelösten wasserfreien Salzes. Nähmen beim Auflösen diese Salze, die als wasserfreie angewandt wurden, zuerst ihr Krystallwasser auf und löste sich die wasserhaltige Verbindung als solche in dem übrigen Wasser, so müfste die Menge des wasserhaltigen Salzes in einem

ganz andern Verhältnifs stehen als die Mengen des wasserfreien Salzes, und eine Proportionalität könnte unmöglich stattfinden.

Nehmen wir aus obigen Versuchen aus den durch 1 Grm. gelösten wasserfreien Salzes bewirkten Erniedrigungen des Gefrierpunktes das Mittel und bezeichnen wir mit M die Anzahl der Gramme, die in 100 Grm. Wasser gelöst sind, mit E die durch sie bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes, so drücken folgende Gleichungen die Beziehung zwischen M und E aus:

Für	Chlorammonium . . .	$E = -0°,653\,M$
»	Kochsalz	$E = -0\,,600\,M$
»	Chlorkalium	$E = -0\,,443\,M$
»	salpetersaures Ammoniak . .	$E = -0\,,384\,M$
»	salpetersaures Natron . .	$E = -0\,,370\,M$
»	salpetersaures Kali . . .	$E = -0\,,267\,M$
»	kohlensaures Kali . . .	$E = -0\,,317\,M$
»	salpersaurer Kalk . . .	$E = -0\,,277\,M$

7. Es fanden sich aber einige Salze, bei welchen eine so einfache Beziehung zwischen der Erniedrigung des Gefrierpunkts und der Menge gelösten Salzes nicht stattfindet. Bei diesen nimmt nämlich die Erniedrigung des Gefrierpunktes in einem gröfsern Verhältnifs zu als die Menge des gelösten Salzes. Zu diesen Salzen gehört namentlich Chlorcalcium. Zur Darstellung desselben wurde Marmor in reiner Chlorwasserstoffsäure gelöst, dasselbe in einer Platinschale völlig entwässert, in Glasröhren in beliebigen Quantitäten abgewogen und diese in soviel Wasser gelöst, dafs in 100 Grm. Wasser 1, 2, 4 etc. Grm. wasserfreies Chlorcalcium enthalten waren. Nachstehende Tabelle enthält die bei den verschiedenen Lösungen ermittelten Gefrierpunkte.

Chlorcalcium $Ca\,Cl$.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°,4 C.	— 0°,400
2	— 0 ,9	— 0 ,450
4	— 1 ,85	— 0 ,462
6	— 2 ,85	— 0 ,476
8	— 3 ,9	— 0 ,487
10	— 4 ,9	— 0 ,490
14	— 7 ,4	— 0 ,528
18	— 10 ,0	— 0 ,555

Die in der dritten Columne enthaltenen Quotienten zeigen, dafs die oben erwähnte Proportionalität für Chlorcalcium nicht gilt, die Erniedrigungen des Gefrierpunktes stehen vielmehr in einem ganz andern Verhältnifs als die Mengen des in Lösuug befindlichen wasserfreien Salzes. Nimmt man aber an, dafs wasserfreies Chlorcalcium beim Auflösen sich zunächst mit 6 Aequivalenten Krystallwasser verbindet und mit diesen verbunden sich in dem übrigen Wasser auflöst, so wird das Verhältnifs zwischen gelöstem Salz und Lösung ein ganz anderes. Es verhalten sich dann die Mengen des in 100 Grm. gelösten Salzes nicht wie 1 : 2 : 4 : 6 u. s. w. sondern wie : 2,02 : 4,15 : 6,32 u. s. w.; in eben diesem Verhältnifs stehen, aber auch die Erniedrigungen des Gefrierpunktes. Die folgende Tabelle enthält unter M' die Mengen des mit 6 Aeq. Wasser krystallisirten Chlorcalciums, welche sich in den angewandten Lösungen in 100 Grm. Wasser gelöst befinden. Die in der dritten Columne enthaltenen Quotienten zeigen, dafs in diesem Falle wieder eine einfache Beziehung zwischen dem Salzgehalt und der Erniedrigung des Gefrierpunktes stattfindet.

Chlorcalcium $CaCl + 6aq$.

M'	T	$\frac{T}{M'}$
1,99	— 0°,4 C.	— 0°,201
4,02	— 0 ,9	— 0 ,223
8,21	— 1 ,85	— 0 ,225
12,57	— 2 ,85	— 0 ,226
17,20	— 3 ,9	— 0 ,226
21,80	— 4 ,9	— 0 ,224
31,89	— 7 ,4	— 0 ,232
43,05	— 10 ,0	— 0 ,231
	Mittel	— 0°,227

Zu einigen Versuchen mit Chlorbarium wurden von demselben bestimmte Quantitäten des mit 2 Aeq. Wasser krystallisirten Salzes in 100 Grm. Wasser gelöst. Aus den in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Zahlen geht hervor, dafs auch dieses Salz mit seinem Krystallwasser verbunden den Gefrierpunkt des Lösungswassers erniedrigt. Die Columne M enthält die Anzahl der Gramme des krystallisirten Salzes, welche in 100 Grm. Wasser gelöst sind.

Chlorbarium $BaCl + 2aq$.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°,2 C.	— 0°,200
2	— 0 ,4	— 0 ,200
4	— 0 ,75	— 0 ,188
6	— 1 ,15	— 0 ,195
8	— 1 ,5	— 0 ,189
10	— 1 ,9	— 0 ,190
12	— 2 ,3	— 0 ,191
14	— 2 ,65	— 0 ,188
18	— 3 ,4	— 0 ,188
20	— 3 ,95	— 0 ,197
	Mittel	— 0°,192

8. Oben habe ich die mit Kochsalzlösungen angestellten Versuche zusammengestellt und gezeigt, dafs die Erniedri-

gung des Gefrierpunktes dem Salzgehalt der Lösung proportional ist. Es stellte sich indessen heraus, dafs Kochsalzlösungen, welche mehr als 14 Grm. Kochsalz in 100 Grm. Wasser enthielten von dieser Proportionalität abwichen, dafs bei diesen Lösungen die Erniedrigung des Gefrierpunktes in einem gröfseren Verhältnifs als der Salzgehalt der Lösung zunimmt. Diese Abweichung von der Proportionalität findet in der Annahme ihre Erklärung, dafs sich von — 9° C. an in einer Kochsalzlösung ein wasserhaltiges Salz bildet, und dafs dieses auf den Gefrierpunkt des übrigen Lösungswassers einwirkt. Durch die Beobachtung von Lowitz [1]) ist bekannt, dafs bei niedriger Temperatur aus einer Kochsalzlösung ein Salz krystallisirt, welches in seiner chemischen und physikalischen Eigenschaft von gewöhnlichem Kochsalz sehr abweicht. Diese Eigenschaften sind durch die Untersuchungen von Mitscherlich [2]), Marx [3]) und andern bekannt geworden und geht aus denselben hervor, dafs dieses Salz 4 Aeq. Wasser enthält. Die Temperatur bei welcher sich dieses Salz bildet, liegt nach Lowitz bei 168 Delisle'schen Graden (= — 12° C.) nach Mitscherlich bei — 8 bis — 10° C. Nimmt man die letztere Beobachtung als die richtige an, und berechnet unter der Voraussetzung, dafs sich von — 9° C. an in Kochsalzlösungen dieses Salz bildet, für die Lösungen welche mehr als 14 Grm. Kochsalz in 100 Grm. Wasser enthalten, wie viel in diesen Lösnngen von diesem Salze in 100 Grm. Wasser enthalten, so ergeben sich Werthe wie sie in der Tabelle rechts zusammengestellt sind. Die in der dritten Columne enthaltenen Quotienten zeigen, dafs eine Proportionalität zwischen Salzgehalt und Erniedrigung des Gefrierpunkts jetzt wieder stattfindet.

1) Crell Chem. Ann. I. Bd. 1793, S. 314.
2) Pogg. Ann. XVII. Bd., S. 385.
3) Schweigger's Journ. XL. Bd., S. 161.

Kochsalz.

Wasserfreies.			Wasserhaltiges.		
In 100 Wasser sind Na Cl	Bildet Eis bei	1 Grm. Salz bei	In 100 Wasser sind Na Cl + 4 aq	Bildet Eis bei	1 Grm. Salz bei
1 Grm.	— 0°,6 C.	— 0°,600			
2	— 1 ,2	— 0 ,600			
4	— 2 ,4	— 0 ,600			
6	— 3 ,6	— 0 ,600			
8	— 4 ,8	— 0 ,600			
12	— 7 ,2	— 0 ,600			
14	— 8 ,4	— 0 ,600			
15	— 9 ,2	— 0 ,613	27,04 Grm.	— 9°,2 C.	— 0°,340
16	— 9 ,9	— 0 619	29,06	— 9 ,9	— 0 ,341
17	— 10 ,6	— 0 ,623	31,07	— 10 ,6	— 0 ,341
18	— 11 ,4	— 0 ,633	33,17	— 11 ,4	— 0 ,343
19	— 12 ,1	— 0 ,637	35,29	— 12 ,1	— 0 ,342
20	— 12 ,8	— 0 ,640	37,38	— 12 ,8	— 0 ,342

Bezeichnet man mit M' die Menge des mit Krystallwasser verbundenen Salzes, welches in 100 Grm. Wasser gelöst ist, mit E die durch dasselbe bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes, so ist für Chlorcalcium, Chlorbarium und Chlornatrium (von — 9° C. an):

Krystallisirtes Chlorcalcium $E = -0°,227\ M'$
» Chlorbarium $E = -0\ ,192\ M'$
» Chlornatrium $E = -0\ ,342\ M'$

Das auffallende Verhalten, welches Kochsalzlösungen von — 9° C. an zeigten, veranlafste mich einige Versuche mit Lösungen anzustellen, aus denen bei niedriger Temperatur wasserreiche Hydrate krystallisiren, mit Lösungen von Kalihydrat und Schwefelsäure. Die Versuche führten zu Zahlen, welche in keiner Weise eine einfache Proportionalität erkennen liefsen. Es scheint vielmehr aus denselben hervorzugehen, dafs sich in diesen Lösungen Hydrate bilden, welche mit abnehmender Temperatur stets wasserreicher werden und dafs diese erniedrigend auf den Gefrierpunkt des übrigen Wassers einwirken, oder dafs sich eine Veränderung in der Constitution des gelösten Salzes, wie sie bei Kochsalzlösung bei — 9° C. eintritt, bei einer Lösung von Kalihydrat und Schwefelsäure mehrmal wiederholt.

Aehnliche Abweichungen scheinen bei einem Gemisch aus Alkohol und Wasser und bei Zuckerlösungen stattzufinden, indessen habe ich bis jetzt die Versuche nicht in hinlänglicher Anzahl anstellen können, um den numerischen Ausdruck für diese Abweichungen festzustellen.

9. Es folgt aus vorstehenden Versuchen:

1) Bei wässerigen Salzlösungen wird der Gefrierpunkt des Lösungswassers proportional den Mengen des gelösten Salzes erniedrigt.
2) Einige Salze erniedrigen den Gefrierpunkt als wasserfreie Salze.
3) Andere wirken auf die Erniedrigung des Gefrierpunkts als wasserhaltige Salze.
4) Noch andere Salze erniedrigen den Gefrierpunkt bis zu einer gewissen Temperatur als wasserfreie, bei niedrigerer Temperatur als wasserhaltige Salze.
5) Daraus folgt, dafs die Versuche über die Erniedrigung des Gefrierpunkts wässeriger Salzlösungen ein Mittel darbieten zu entscheiden, ob ein Salz als wasserfreies, oder mit einer bestimmten Menge Wasser verbunden sich in Lösung befindet.

Durch die bereits oben angeführten Versuche von Wüllner »über die Verminderung der Spannkraft von Dämpfen aus Salzlösungen« ist dargethan, dafs die Spannkraft der Wasserdämpfe, welche sich aus Salzlösungen entwickeln, proportional der Menge des gelösten Salzes vermindert wird. Es zeigt sich auch bei diesen Versuchen, dafs man genöthigt ist anzunehmen, damit eine solche Proportionalität stattfinde, dafs einige Salze als wasserfreie, andere als wasserhaltige sich in Lösung befinden. Soweit die Salze untersucht sind, wirken dieselben Salze als wasserfreie sowohl vermindernd auf die Spannkraft der Dämpfe, als auch erniedrigend auf den Gefrierpunkt des Wassers ein, und ebenso sind es in beiden Fällen dieselben Salze, welche als wasserhaltige die angeführten Wirkungen äufsern. Es führen also sowohl die Versuche über die Verminderung der Spannkraft der Wasserdämpfe als auch die über den Gefrierpunkt des

Wassers aus Salslösungen zu demselben Schlufs, beide geben uns ein Mittel an die Hand über die Constitution von Salzlösungen Auskunft zu erlangen.

10. Die Versuche über das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen haben noch ein anderes Interesse. Dieselben geben uns nämlich Aufschlufs über die durch eine Kältemischung zu erzielende Temperaturerniedrigung. Es leuchtet ein, dafs beim Zusammenbringen von Schnee mit einem Salze die Temperaturerniedrigung nie unter den Gefrierpunkt einer mit diesem Salze gesättigten Lösung herabgehen kann, denn sollte die Temperatur unter den Gefrierpunkt der gesättigten Lösung sinken, so würde sich Eis ausscheiden, und dadurch wie ich oben gezeigt habe, die Temperatur bis zum Gefrierpunkt der Lösung erhöhen. Ist deshalb von einem Salze die Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur bekannt, so läfst sich hieraus, und den Versuchen über die Beziehung, welche zwischen dem Salzgehalt und dem Gefrierpunkt dieser Lösungen stattfindet, der Gefrierpunkt der gesättigten Lösung bestimmen. So findet man z. B. für Kochsalz aus den von Poggiale[1]) angestellten Versuchen über die Löslichkeit bei verschiedenen Temperaturen und den oben mitgetheilten Versuchen über den Gefrierpunkt der Kochsalzlösungen, dafs der Gefrierpunkt einer gesättigten Kochsalzlösung bei $-21°$ C. liegt und dieses ist auch die beim Vermischen von Kochsalz und Schnee zu erzielende Temperaturerniedrigung, wie dieses aus mehreren Angaben und eigenen Versuchen hervorgeht. Deshalb wird auch die vortheilhafteste, d. h. am längsten wirksame Kältemischung durch Zusammenbringen von Kochsalz und Schnee in solchen Gewichtsmengen erhalten werden, in welchen sich beide in einer bei $-21°$ C. gesättigten Auflösung finden, also auf 100 Theile Schnee 32 Theile Kochsalz. Bringt man Kochsalz und Schnee in diesem Verhältnifs zusammen, so würde, wenn beide plötzlich flüssig würden, abgesehen vom Kochsalz, eine Temperaturerniedrigung von fast $-79°$ C. entstehen, da aber,

1) *Annal. de Chim. et de Phys.* (3) *VIII, p.* 463.

wie ich oben gezeigt habe, die Temperatur nie unter den Gefrierpunkt der gesättigten Lösung sinken kann, so wird zunächst auch nur so viel Schnee und Kochsalz flüssig als nöthig ist, um das ganze Gemisch auf diese Temperatur (—21° C.) abzukühlen und die übrige Menge von Schnee und Kochsalz wird erst dann flüssig werden, wenn die dazu nöthige Wärme von Aufsen zugeführt wird, wobei sich die Mischung constant auf der Temperatur von —21° C. halten mufs, gerade wie in schmelzendem Schnee die Temperatur eine völlig constante ist. Wendet man gröfsere Mengen von Kochsalz, als sie das ebenerwähnte Verhältnifs verlangt, an, so wird zwar auch eine Temperaturerniedrigung von —21° C. eintreten, aber es wird der Ueberschufs des Kochsalzes unnützer Weise mit abgekühlt werden müssen und dadurch die Mischung nicht so lange wirksam bleiben, als diefs bei dem angegebenen Verhältnifs der Fall ist. Auf ähnliche Weise kann man auch die Temperaturerniedrigung bestimmen, welche beim Zusammenbringen von Schnee mit einem andern Salze entsteht, wenn man den Gefrierpunkt der gesättigten Lösung kennt.

Als vorstehende Arbeit bereits zum Druck übergeben war, kam mir eine Untersuchung des Hrn. Prof. Dufour über denselben Gegenstand zu Händen, welche derselbe in dem *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles No.* 47 veröffentlicht. Bei meinen Versuchen bin ich davon ausgegangen, dafs aus einer Salzlösung reines Eis gefriert, oder dafs der geringe Salzgehalt desselben nur von eingeschlossener Lösung herrührt. Freilich ist dieses ein Gegenstand häufiger Controversen gewesen, und Hr. Dufour ist der Ansicht, dafs aus einer Salzlösung salzhaltiges Eis gefriert. Da aber der Salzgehalt dieses Eises, wie aus allen und selbst aus den von Hrn. Dufour angestellten Versuchen hervorgeht, viel geringer ist, als der der angewandten Lösung, und wie ich oben gezeigt habe, um so geringer wird, je langsamer und je weniger Eis sich aus-

scheidet, so scheint mir meine Annahme, dafs sich reines Eis ausscheidet, gerechtfertigt.

Um den Gefrierpunkt der Lösungen zu bestimmen und die oben erwähnte Proportionalität zwischen Erniedrigung des Gefrierpunktes und dem Salzgehalt der verschiedenen Lösungen nachzuweisen, ist es unbedingt erforderlich, wie ich gezeigt habe, dafs sich nur sehr wenig Eis ausscheidet; was ich eben dadurch erreicht habe, dafs ich die Lösungen nur wenige Zehntel Grade unter den durch vorläufige Versuche annähernd ermittelten Gefrierpunkt abkühlte und durch ein Körnchen Schnee eine nur geringe Ausscheidung von Eis bewirkte. Da Hr. Dufour die Lösungen in einer Kältemischung von sehr niedriger Temperatur erkalten und sich eine grofse Menge von Eis (oft die Hälfte der Lösung) sehr rasch ausscheiden liefs, so ist klar, dafs zwischen unsern beiderseitigen Versuchen eine Uebereinstimmung hinsichtlich der Gefrierpunkte der verschiedenen Lösungen nicht zu erwarten ist, und liegt gerade hierin der Grund, dafs es Hrn. Dufour nicht gelungen ist, die erwähnte Proportionalität nachzuweisen.

IV. *Ueber die neueren Linsensysteme von Merz und von Hartnack und über die Gränzen des optischen Vermögens bei unseren heutigen Mikroskopen; von P. Harting in Utrecht.*

(Aus *Verslagen en Mededeelingen der Koninglyke Akademie van Wetenschapen* (1860) mitgetheilt von F. W. Theile in Weimar.)

In meinem vom Professor Theile übersetzten Buche über das Mikroskop erwähnte ich bereits am Schlusse der Uebersicht über den gegenwärtigen Zustand des dioptrischen Mikroskops (S. 791), dafs es sehr schwer falle, ein bestimmtes Urtheil über den Tüchtigkeitsgrad von Instrumenten aus verschiedenen Werkstätten abzugeben. Jeder Optiker sucht ja immerfort seine Mikroskope und namentlich die dazu gehörigen Objectivsysteme zu verbessern, um Instrumente zu liefern, die eben so gut oder noch besser sind, als die aus andern Werkstätten kommenden, und gerade diesem warmen Wetteifer verdanken wir die grofsen Verbesserungen des Mikroskops innerhalb der letzten Jahre bis auf diesen Tag. Es folgt hieraus, dafs bei einer vergleichenden Beurtheilung von Mikroskopen nur solche Instrumente neben einander gestellt werden dürfen, die zu der nämlichen Zeit verfertigt worden sind; sonst läuft man Gefahr, ein unrichtiges und zugleich ungerechtes Urtheil zu fällen.

Von der Nothwendigkeit solcher behutsamen Rücksicht habe ich mich neuerdings wieder überzeugt, als ich im Verlaufe dieses Jahres ein Paar der neuesten Objectivsysteme von Merz und von Hartnack erhielt, bei deren Prüfung es sich herausstellte, dafs beide Männer in der Herstellung dieses wichtigsten Bestandtheils eines Mikroskops sehr grofse Fortschritte gemacht haben; weshalb ich es für eine angenehme Pflicht erachte, zur Vervollständigung des früher über ihre Instrumente Mitgetheilten (S. 728, 729 u. S. 703 bis 711) auch die Resultate dieser neuen Prüfung zu veröffentlichen.

Von Merz erhielt ich zwei mit VI und VII nummerirte Systeme. Jedes derselben kostet nur 48 Gulden, ein im Vergleich zu andern Werkstätten und im Hinblick auf die Vorzüglichkeit der Linsen sehr niedriger Preis. An beiden ist die Correctionseinrichtung für die Benutzung ungleich dicker Deckplättchen angebracht. Nach dem Vorgange von Smith und Beck, denen sich weiterhin auch andere englische Optiker angeschlossen haben, ist der Rand dieses Correctionsapparates in zehn Abschnitte getheilt, die mit 0 bis 9 bezeichnet sind [1]). Bei No. VI sind Deckplättchen von höchstens 0,6 Millim., bei No. VII solche von höchstens 0,3 Millim. Dicke anwendbar.

Der Oeffnungswinkel und die Brennweite der äquivalenten Linsen wurden nach den von mir beschriebenen Methoden (Mikroskop S. 100 und 160) bestimmt, und zwar für die beiden extremen Stellungen des Correctionsapparates:

		Ganzer Oeffnungswinkel.	Nutzbarer Theil d. Oeffnungswinkels.	Brennweite.
No. VI	Gröfste Annäherung der untersten Linse	90°	81°	3,45mm
	Gröfste Entfernung der untersten Linse	68°	68°	3,84mm
No. VII	Gröfste Annäherung der untersten Linse	101°	90°	2,61mm
	Gröfste Entfernung der untersten Linse	66°	62°	2,48mm

1) Eine solche Theilung empfiehlt sich nicht blofs für den ursprünglich damit erzielten Zweck (Mikroskop S. 753), sondern auch deshalb, damit solche mit veränderlicher Brennweite und Vergröfserung ausgestattete Linsensysteme zur Mikrometrie verwendbar werden, wobei ja, gleichwie beim Ocularschraubenmikrometer, beim Glasmikrometer, bei der *Camera lucida* und anderen derartigen Methoden, eine constante Vergröfserung des Mikroskops sich als Bedingung geltend macht. Wo also das Linsensystem mit einem solchen Correctionsapparate versehen wird, da sollte auch immer der Rand die erwähnte Theilung bekommen. Man

Ich will hierbei auf den verhältnifsmäfsig geringen Unterschied zwischen dem ganzen Oeffnungswinkel und dem wirklich nutzbaren Theile desselben aufmerksam machen, in welchem letztern bei Wenham's Methode das Flammenbildchen ohne Gestaltveränderung und mit scharfer Begränzung noch sichtbar ist. Darin liegt schon ein Beweis, dafs diese beiden Linsensysteme mit grofser Sorgfalt hergestellt worden sind; was auch durch die alsbald mitzutheilenden Prüfungsresultate weiter bestätigt wird.

Das Linsensystem von Hartnack, dem Nachfolger des bekannten Oberhäuser, ist mit No. 10 [1]) bezeichnet, folgt also auf No. 9, womit bei den früheren Mikroskopen aus dieser Werkstätte das stärkste System gekennzeichnet wurde. Es hat einen Correctionsapparat, aber ohne Randeintheilung. Bei verschiedenen Stellungen des letztern erhielt ich:

Ganzer Oeffnungswinkel.	Nutzbarer Theil d. Oeffnungswinkels.	Brennweite.
172°	140°	1,60^{mm}
170°		1,69
169°		1,72
167°		1,45
166°	135°	1,78

Anlangend die Gröfse des Oeffnungswinkels, so ist mir bis jetzt noch kein auf dem europäischen Festlande gefertigtes Linsensystem vorgekommen, das dem Hartnack'schen gleich stände. Auch ist meines Wissens bis auf diesen Tag nur dreier Systeme gedacht worden, die einen

kann sich dann in einer kleinen Tabelle die Veränderungen aufzeichnen, welche durchs Drehen des Apparats in der Vergröfserungsziffer oder im Werthe der Oculartheilungen eintreten.

1) Ich lernte dieses System im April d. J. durch Prof. Max Schultze kennen, der kurz vorher ein solches von Hartnack erhalten hatte. Ich bestellte mir alsbald das gleiche Linsensystem und erhielt dasselbe bereits im Juli. Der Preis desselben ist 180 Franks. Dabei meldete mir Hartnack, dafs er ein noch stärkeres System No. 11 verfertigt habe, dafs er aber wegen Geschäftüberhäufung dermalen nicht im Stande sey, ein solches zu liefern.

noch gröſseren Oeffnungswinkel besitzen sollen: dem einen von Spencer giebt Johnson (*Americ. Journ. f. Sciences and Arts* 1852 *p.* 31) 174°,5 Oeffnungswinkel; bei einem andern von Powell und Lealand beträgt derselbe 175° nach der zuerst von Shadbolt (*Quart. Journ. of microscopical Science* 1857. *Transact. p.* 141) gegebenen Notiz, welche Angabe ich bei einer ganz kürzlich vorgenommenen Untersuchung eines solchen Systems von $\frac{1}{16}$ Zoll Brennweite bestätigen konnte; drittens aber soll auch Talles nach einem Berichte von C. White (*American. Journ.* 1860. *July p.* 156) Linsensysteme mit einem Oeffnungswinkel von 175° liefern.

Unerachtet dieses groſsen Oeffnungswinkels, der nur durch Vergröſserung des Durchschnitts und mithin auch der Dicke der Linsen zu erlangen war, ist dieses System noch ganz gut bei Deckplättchen von 0,3^{mm} Dicke zu verwenden, worin ich eine vorzügliche Eigenschaft desselben erblicke.

Beachtungswerth ist es ferner, daſs bei verschiedenen Stellungen des Correctionsapparates der Oeffnungswinkel und die Brennweite verhältniſsmäſsig sich nur wenig ändern. Ich vermuthe daher, daſs sich nicht bloſs die unterste Doppellinse, wie es gewöhnlich der Fall ist, beim Umdrehen der Schraube vor- und rückwärts bewegt, vielmehr durch die Schraube die beiden unteren Linsen gemeinschaftlich bewegt werden und nur die oberste feststeht. Daſs auch auf diesem Wege die Correction für die Deckplättchen angebracht werden kann, das beweisen Amici's Objective, die zum Theil so eingerichtet sind, daſs nur die oberste Linse verstellbar ist, während die drei andern unverrückt bleiben. Dem sey nun wie ihm wolle, unverkennbar gewinnt das Linsensystem durch diese geringere Veränderlichkeit seiner optischen Eigenschaften.

Hartnack hat bei diesem Objectivsysteme das im Jahre 1850 von Amici gegebene Beispiel befolgt und demselben ausdrücklich die Bestimmung ertheilt, daſs zwischen dem Deckplättchen und der freien Fläche der untersten Linse eine dünne Wasserschicht sich befindet. Der Einfluſs dieser

dünnen Wasserschicht, die bei einem Deckplättchen von 0,3^{mm} Dicke nach dem Focimeter allerdings nur 0,05^{mm} beträgt, ist auffallend genug. Wird nämlich das Objectiv auf die gewöhnliche Weise angewendet, so bleibt in seinem Unterscheidungs- und Begränzungsvermögen viel zu wünschen übrig: bei jeder Stellung des Correctionsapparates hat das Bild etwas Nebelartiges und entbehrt die scharf begränzten Ränder, auch kann man bei centrischer Erleuchtung mit divergirendem Lichte nur noch die achte Gruppe auf Nobert's Probetäfelchen unterscheiden. Sobald sich hingegen statt der Luft Wasser zwischen dem Deckplättchen und dem Objectiv befindet, gewinnt das Bild gar sehr an Klarheit und Schärfe, und bei der nämlichen centrischen Erleuchtungsweise mit divergirendem Lichte unterscheidet man jetzt deutlich in der 16. Gruppe des nämlichen Probetäfelchens die einzelnen Linien. Das ist aber noch nicht einmal die Gränze für das Unterscheidungsvermögen dieses Systems.

Der Hauptgrund dieser günstigen Einwirkung einer Zwischenschicht von Wasser scheint mir kein anderer zu seyn, als der in dem Buche über das Mikroskop (S. 725) angegebene. Da das Wasser ein stärker lichtbrechendes Medium ist als die Luft, so nimmt die Reflexion der Lichtstrahlen an der Oberfläche des Deckplättchens und weiterhin an der Unterfläche des Objectivs bedeutend ab, ja sie kommt fast gänzlich in Wegfall. Folglich dringen auch mehr Lichtstrahlen ins Mikroskop und die dünne Wasserschicht hat die nämliche Wirkung, wie eine Vergröfserung des Oeffnungswinkels. Diese günstige Veränderung wird dann hauptsächlich den Randstrahlen zu Theil, die am schiefsten einfallen. Die Randstrahlen betheiligen sich daher stärker an der Bildung des vor dem Ocular auftretenden Bildes und da sie beim Durchgange durch ein durchsichtiges Object zu meist von ihrer Bahn abgebogen werden und die kleinen dadurch hervorgerufenen Abweichungen an dem Bilde sichtbar werden, so mufs das Unterscheidungsvermö-

gen des Mikroskops durch jene Zwischenschicht von Wasser sich steigern.

Selbstverständlich würde dieser Gewinn gänzlich verloren gehen, wenn die optische Einwirkung des Objectivs, d. h. das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen der benutzten Glassorten, gleichwie die Form und der wechselseitige Abstand der daraus geschliffenen Linsen, nicht in vollkommnem Einklange damit ständen. Durch die eingeschobene Wasserschicht wird nun zwar die Form der brechenden Oberflächen nicht verändert, da sich über ihr die plane Fläche der Flintglaslinse, unter ihr die ebenfalls plane Oberfläche des Deckplättchens befindet. Gleichwie aber die Anwesenheit oder die Entfernung eines Deckplättchens auf den Gang der Lichtstrahlen vom entschiedensten Einflusse ist, ebenso mufs auch die Ersetzung der Luftschicht zwischen Deckplättchen und Objectiv durch das stärker brechende und zerstreuende Wasser ganz verändernd auf die sphärische und chromatische Aberration einwirken: ein Linsensystem, worin beiderlei Aberrationen für den Gebrauch in freier Luft verbessert sind, kann unmöglich für die Benutzung mit einer intermediären Wasserschicht sich eignen, und umgekehrt wird ein Hartnack'sches für Einschiebung von Wasser berechnetes System nothwendig unklare Bilder geben müssen, sobald bei seinem Gebrauche die dünne Wasserschicht weggelassen wird. Mit einem Worte, die dünne Wasserschicht ist ein wesentlicher Bestandtheil des Objectivs und bildet ein neues optisches Element desselben, das bei gehöriger Uebereinstimmung mit den übrigen optischen Elementen auch zur Beseitigung der noch rückständigen sekundären Aberrationen einen vortheilhaften Einflufs äufsern kann.

Es trägt ferner noch ein Umstand dazu bei, dafs das optische Vermögen eines Objectivsystems durch eine eingeschobene dünne Wasserschicht gesteigert wird. Da die letztere einen gleichen Einflufs wie ein Deckplättchen ausübt, und je nach der Dicke der Deckplättchen durch den Correctionsapparat die Linsen des Objectivs einander näher

gerückt werden müssen, so wächst damit auch die vergröſsernde Kraft der nämlichen Linsencombination und es nimmt die Gröſse des Oeffnungswinkels zu.

Nach dem bisher Besprochenen beruht das stärkere optische Vermögen eines Linsensystems, welches für Eintauchen in Wasser eingerichtet ist, auf folgenden drei Momenten:

a. Eine Combination der nämlichen Doppellinsen erzeugt eine Zunahme der vergröſsernden Kraft.

b. Das Wasser, als neu hinzutretendes optisches Element, kann zur Verbesserung der noch rückständigen Aberrationen beitragen.

c. Die Reflexion der Lichtstrahlen an der obern Fläche des Deckplättchens und an der Unterfläche der untersten Flintglaslinse ist fast ganz beseitigt. Dieses letztere Moment ist ohne Zweifel das gewichtigere; dieſs würde aber weit weniger der Fall seyn, wenn nicht gleichzeitig das zweite Moment in Wirksamkeit wäre.

Auſser der Steigerung des optischen Vermögens am Objectiv führt die Einschiebung der dünnen Wasserschicht auch noch zwei andere Vortheile mit sich, die zwar nicht auf der Stelle ins Auge fallen, aber jedenfalls eine groſse praktische Bedeutung haben.

Da die Linsen dieses Objectivs einander mehr genähert sind, so fällt dessen Brennweite entfernter von seiner unteren Fläche und es ist mithin die Anwendung dickerer Deckplättchen bei demselben zulässig, oder wenn sehr dünne Deckplättchen genommen werden, so kann man Objecte oder Theile eines Objects, die in einer gewissen Tiefe darunter befindlich sind, damit beobachten.

Endlich gewährt eine solche eingeschobene Wasserschicht auch noch den Vortheil, daſs sie zugleich als Deckplättchen oder besser als Theil eines Deckplättchens wirkt, und da die Dicke der Wasserschicht in dem Maaſse zunimmt, als das gläserne Deckplättchen dünner ist, so unterliegt das Gesammtdeckplättchen, d. h. Wasser- und Glasschicht zusammen, einer weniger abändernden Dicke, und es bedarf

daher auch nicht so grofser Veränderungen im Correctionsapparate, wenn dasselbe Object unter ungleich dicken Deckplättchen scharf werden soll.

Diesen mehrfachen Vortheilen gegenüber steht nur das Eine, dafs man sich die kleine Mühe geben mufs, ein Wassertröpfchen zwischen das Objectiv und das Deckplättchen zu bringen. Aus eigner Erfahrung weifs ich, dafs die Objective nicht darunter leiden, wenn man destillirtes Wasser dazu benutzt und dieses nach jedesmaligem Gebrauche mittelst eines weichen Läppchens sorgfältig abwischt. Schon vor vielen Jahren arbeitete ich längere Zeit hindurch mit stark vergröfsernden Glaskügelchen, die wegen des geringen Focus immer in das die Objective umgebende Wasser tauchten, und ich habe hiervon keine nachtheilige Wirkung wahrgenommen.

Ganz anders verhält es sich mit Oelen, namentlich mit dem hierzu besonders empfohlenen Mohnöle, das bekanntlich zu den trocknenden Oelen gehört. In Folge des gröfseren Brechungsvermögens von Oel, welches demjenigen des Glases noch näher kommt, kann vielleicht das optische Vermögen eines Objects zunehmen. Doch erachte ich es für gewagt, theure Linsensysteme in eine Flüssigkeit zu tauchen, die man nachher nur durch Alkohol oder Aether gänzlich wieder wegschaffen kann, was ja bei Dopellinsen, die durch Canadabalsam verbunden sind, schon bedenklich erscheint.

Ich will nun die Resultate einiger mit diesen Objectiven unternommenen Prüfungen mittheilen, wodurch sich ein Urtheil über ihre optische Tüchtigkeit begründen läfst. Ich beschränke mich aber auf eine Vergleichung des stärkeren Objectives von Merz mit jenem von Hartnack, und bemerke dabei, dafs das Objectiv von Merz eine ungefähr $1\frac{1}{2}$ Mal gröfsere Brennweite hat, so dafs es, bei gleichem Ocular und gleicher Rohrlänge, nur etwa zwei Drittheile der Vergröfserung giebt, die man mittelst des Hartnack'schen Objectivs erreicht.

Damit nun die Vergleichung, soweit möglich, bei gleicher Vergröfserung stattfinde, wurde die innerste Röhre des Oberhäuser'schen Stativs beim Objectiv von Merz ganz ausgezogen, bei jenem von Hartnack ganz eingeschoben. Mit dem schwächsten Oberhäuser'schen Ocular wurde dann bei den verschiedenen Stellungen des Correctionsapparates eine 430 bis 450malige Vergröfserung erzielt. Es konnten aber auch stärkere Oculare genommen werden, so dafs die Vergröfserung bis zu 1500 stieg, wodurch zwar nicht mehr gesehen wurde, als bei der schwächern Vergröfserung, die Beobachtung der Objecte aber leichter und dadurch deutlicher wurde.

Am Stativ befand sich mein Beleuchtungsapparat (Mikroskop S. 842) angebracht, wodurch man centrische und excentrische Beleuchtung anzubringen im Stande ist, mit mancherlei Modificationen des ins Mikroskop eintretenden Strahlenbündels.

Ueber die Prüfungen mit excentrischer Beleuchtung kann ich mich ganz kurz dahin aussprechen, dafs ich keine Prüfungsobjecte kenne, deren gesammte Einzelnheiten beim mehr oder weniger schiefen Einfallen des Lichts mittelst jener beiden Objective nicht eben so gut zu erkennen waren, wie bisher durch irgend ein anderes Mikroskop. Ich will nur die schwierigern Objecte nennen: *Navicula Spenceri, Navicula Amici, Ceratoneis fasciola, Navicula sigmoidea, Surirella gemma, Grammatophora subtilissima.*

Unter Anwendung der verschiedenen durch den Beleuchtungsapparat gebotenen Hülfsmittel, namentlich bei sehr schief einfallendem divergirendem Lichte und bei Ausschlufs der mittleren Strahlen, gelang es mir, an einem Nobert'schen Probetäfelchen mit 30 Gruppen selbst die Linien der dreifsigsten Gruppe zu unterscheiden. Der Abstand dieser Linien (ihre Dicke selbst mit eingerechnet) beträgt hier nach Nobert's Angabe 0,000125 par. Linie oder $\frac{1}{3544}$ Millimeter. Man weifs daher nicht, soll man sich mehr wundern über die Kunst, womit diese Linien gezo-

gen worden sind, oder über das Unterscheidungsvermögen des Mikroskops, welches diese Linien zur Ansicht bringt.

Bei Benutzung des schief einfallenden Lichts scheint auch das stärkere Objectiv von Hartnack vor dem schwächeren Merz'schen wenig voraus zu haben; nur sieht man durch das erstere die nämlichen Strichelchen und Pünktchen der Probeobjecte etwas leichter oder bequemer. Anders aber gestaltet sich die Sache bei centrischer Beleuchtung [1]), wobei das Hartnack'sche Objectiv seine volle Kraft bewährt. Bei einfacher Beleuchtung mit dem centrisch gestellten platten Spiegel, also mit senkrecht einfallenden parallelen Strahlen, wurde die durch kleine vorragende Pünktchen erzeugte Strichelung von *Navicula* (*Pleurosigma*) *angulata* ohne Mühe ganz deutlich wahrgenommen, und eben so die Strichelung von *Navicula Spenceri*, welche letztere noch vor wenig Jahren als das *non plus ultra* für die besten englischen und amerikanischen Mikroskope bei schief einfallendem Lichte galt. Mit dem Objective von Merz ist diese Strichelung nur bei schief einfallendem Lichte zu erkennen, dann aber auch sehr gut. Als die Gränze des Unterscheidungsvermögens für centrische Beleuchtung ergab sich für dieses Merz'sche Objectiv unter den mir zu Gebote stehenden Probeobjecten *Navicula* (*Pleurosigma*) *Watsonii*.

Mit dem Objective von Merz wurde am Nobert'schen Probetäfelchen bei Erleuchtung mit senkrechten parallelen Strahlen die 9. Gruppe deutlich, und die 11. Gruppe bei centrischer Beleuchtung mit divergirenden Strahlen, in-

1) Es wäre wünschenswerth, dafs bei Angabe des optischen Vermögens eines Mikroskops auch die Beleuchtungsweise immer genau angegeben würde. Nur bei einer einzigen Art von Beleuchtung bekommt man Resultate, die vollkommen vergleichbar sind, nämlich bei der centrischen mittelst eines unter dem Objectivtische befindlichen Planspiegels. Kommen zusammengesetzte Beleuchtungsapparate zur Anwendung, wodurch divergirende, convergirende oder schiefe Strahlen auf das Object fallen, dann vermag man nicht mehr genau anzugeben, wieviel von dem erhaltenen Resultate auf Rechnung der Beleuchtung, wieviel davon auf Rechnung des benutzten Objectivs kommt.

dem ein Linsensystem von etwa 8 Millim. Brennweite in die Bahn der Strahlen gebracht wurde; mit Hartnack's Objectiv traten bei diesen beiden Beleuchtungsweisen die 14. und 16. Gruppe hervor.

Das stärkere Unterscheidungsvermögen des Hartnack'schen Linsensystems rührt einerseits von dem gröfsern Oeffnungswinkel her, andererseits von der Wasserschicht, wodurch die gröfsere Oeffnung vollkommen nutzbar gemacht wird. Bringt man indessen, wie billig, auch noch in Anschlag, dafs das Merz'sche System eine entschieden gröfsere Brennweite hat, so wird man zugestehen müssen, dafs dasselbe zwar dem Hartnack'schen hinsichtlich des optischen Vermögens nachsteht, sich ihm aber doch so sehr annähert, als man es nur überhaupt von einem solchen Systeme zu erwarten berechtigt ist.

Ich wollte mit Hartnack's Objective über die äufsersten Gränzen des optischen Vermögens unter besonders günstigen Umständen einige Versuche anstellen, und bediente mich dazu der Methode, die ich in meinem Buche über das Mikroskop (S. 294, 710 und 722) beschrieben habe.

Die Gränzen der Sichtbarkeit dioptrischer Bilder waren;

Für ein rundes oder kugelförmiges
Object . . . . 0,152^{mmm} oder $\frac{1}{6550}$^{mm}
Für ein fadenförmiges Object . 0,022^{mmm} oder $\frac{1}{45500}$^{mm}

Die Gränzen der Unterscheidbarkeit dioptrischer Bilder von einem Drahtnetze mit viereckigen Maschen waren:

	Drähte.	Interstitien.
In der einen Richtung	0,108^{mmm} od. $\frac{1}{9260}$^{mm}	0,235^{mmm} od. $\frac{1}{4260}$^{mm}
In der andern tung	0,119^{mmm} od. $\frac{1}{8403}$^{mm}	0,229^{mmm} od. $\frac{1}{4367}$^{mm}
gespannte e	0,110^{mmm} od. $\frac{1}{9100}$^{mm}	0,192^{mmm} od. $\frac{1}{5210}$^{mm}

In der nachfolgenden kleinen Tabelle stelle ich behufs der Vergleichung einige Resultate zusammen, die in früherer und späterer Zeit mit verschiedenen Mikroskopen erlangt wurden. Für Hartnack ist an den zwei letzten Stellen das Mittel aus den vorstehenden Messungen genommen worden. Man ersieht aus dieser Tabelle mit Einem Blicke, welche Fortschritte im Verlauf von verhältnifsmäfsig wenig Jahren gemacht worden sind.

	Jahr der Verfertigung	Brennweite des benutzten Objectivs	Sichtbarkeit		Unterscheidbarkeit an einem Drahtnetze	
			runder Objecte	fadenförmiger Objecte	Drähte	Interstitien
		mm	mm	mm	mm	mm
Dellebarre	1777	2,50	$\frac{1}{1300}$	$\frac{1}{6900}$	$\frac{1}{1490}$	$\frac{1}{990}$
Amici	1835	3,87	$\frac{1}{4070}$	$\frac{1}{37000}$	$\frac{1}{3590}$	$\frac{1}{2413}$
Oberhäuser	1848	1,70	$\frac{1}{4350}$	$\frac{1}{42800}$	$\frac{1}{5580}$	$\frac{1}{3390}$
Amici	1848	2,66	$\frac{1}{4790}$	$\frac{1}{41300}$	$\frac{1}{6140}$	$\frac{1}{3750}$
Hartnack	1860	1,66	$\frac{1}{6560}$	$\frac{1}{45500}$	$\frac{1}{5531}$	$\frac{1}{4313}$

Bekanntlich gehen optisches Vermögen und Vergröfserung eines Mikroskops nicht gleichen Schritt mit einander. Vergleicht man die Beobachtungen durchs freie Auge mit jenen durchs Mikroskop, so ersieht man deutlich, dafs immer durch das Mikroskop ein mehr oder weniger grofser Verlust entsteht. Mit der stärkeren Vergröfserung nimmt dieser Verlust zu, zumal wenn die stärkere Vergröfserung durch Verlängerung des Rohrs oder durch Anwendung stärkerer Oculare erzielt wird, und im Allgemeinen stellt sich der Verlust um so niedriger, je besser das Objectiv ist. Obgleich nun das Hartnack'sche Linsensystem recht gut Oculare verträgt, wodurch eine 1000fache, eine 1500fache, ja selbst eine 2000fache Vergröfserung zu Stande kommt, so fehlt doch noch viel daran, dafs man damit auch noch Körperchen oder Interstitien zu erkennen vermag, die um

1000, 1500 oder 2000 Mal kleiner sind als die mit blofsem Auge sichtbaren.

Bereits früher (Mikroskop S. 77) habe ich ermittelt, dafs mein rechtes Auge, womit ich auch die mikroskopischen Untersuchungen auszuführen gewohnt bin, dioptrische Bildchen bei 25 Centim. Abstand vom Auge noch zu unterscheiden im Stande ist, wenn ihr Durchmesser beträgt:

bei runden Objecten	$50{,}5^{mmm}$	oder	$\frac{1}{19{,}8}^{mm}$
bei fadenförmigen Objecten . .	$4{,}8^{mmm}$	oder	$\frac{1}{209}^{mm}$
Die Maschen eines Drahtgeflechts	$60{,}5^{mmm}$	oder	$\frac{1}{16{,}5}^{mm}$

Die wirkliche Verstärkung, für die nämliche Deutlichkeitsentfernung berechnet, ist demnach:

bei den runden Objecten	= 332
bei den fadenförmigen Objecten	= 208
bei den Interstitien	= 262

Da nun die vorhin angegebenen Bestimmungen bei einer 1050fachen Vergröfserung ausgeführt wurden, so betrug der wirkliche Verlust in diesen verschiedenen Fällen 68,4 Proc., 78,2 Proc. und 75,0 Proc.

Es fehlt mithin noch viel daran, dafs selbst die besten Mikroskope der Jetztzeit jenen Grad von optischer Vollkommenheit erlangt haben, der dem menschlichen Auge zukommt. Wünschenswerth erscheint es daher, dafs die Optiker lieber die Verbesserung des Mikroskops im Objectiv in Verbindung mit den Ocularen erstreben, als dafs sie ihr Augenmerk blofs auf die Herstellung von Objectivsystemen mit sehr kurzer Brennweite richten. Nach der letztgenannten Seite hin hat die Kunst bereits die äufsersten Gränzen erreicht, die für die praktische Benutzung des Mikroskops zulässig sind, ja sie hat diese Gränze eigentlich schon überschritten. Ein Objectivsystem mit einer Brennweite von $\frac{1}{50}$ engl. Zoll (d. h. etwa $0{,}5^{mm}$), wie unlängst Wenham (*Quart. Journ. of microsc. Sc. Oct.* 1860. *Transactions of the microsc. Society p.* 145) eins zu Stande gebrach haben

soll, ist sicherlich ein Kunstwerk; nur mufs ich sehr bezweifeln, dafs es mit Erfolg zu einer Untersuchung benutzbar seyn werde.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob die vorhin genannten Gränzen des optischen Vermögens bei dem untersuchten Hartnack'schen Objective auch als die äufsersten Gränzen gelten dürfen, die mit unsern gegenwärtigen Mikroskopen zu erreichen sind? Eine Antwort auf diese Frage erscheint insofern bedenklich, als eine für den Augenblick ganz richtige Antwort morgen schon eine falsche seyn kann. Indessen glaube ich mich zu der Annahme berechtigt, dafs Mikroskope aus verschiedenen Werkstätten, welche jene Gränzen überschreiten, jedenfalls nur in geringer Anzahl vorhanden sind, da ich Gelegenheit hatte, mehrfach die neusten grofsen Mikroskope mit starken Lichtsystemen zu untersuchen, die aus einigen der besten Europäischen Werkstätten hervorgegangen sind. Jene von Beneche und Wasserlein und jene von Belthle und Pekroth halten den Vergleich mit dem Hartnack'schen Objective nicht aus. Ebenso scheinen auch die neuern Systeme von Plössl nachzustehen, insofern wenigstens Pohl (Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. d. Wissensch., Wien 1860 XL., S. 63 bis 97) davon angiebt, dafs die Strichelchen von *Pleurosigma angulatum* bei einfacher Beleuchtung mit dem Planspiegel nicht zu erkennen waren, er vielmehr bei centrischer Beleuchtung erst dann zu diesem Ziele gelangte, als ein Linsensystem in die Bahn der ins Gesichtsfeld fallenden Strahlen gebracht wurde. Auch das stärkste Nachet'sche System No. 8 vom Jahre 1858, obwohl es eine noch kürzere Brennweite hat als das Hartnack'sche, reicht bei centrischer Beleuchtung mit parallelen Strahlen für dieses Probeobject nicht aus.

Ueber die neusten starken Objectivsysteme Amici's fehlt es mir allerdings an Daten. Sicherlich hat Amici, wie ich es auch schon früher (Mikroskop S. 724) hervorgehoben habe, darin auch grofse Fortschritte gemacht.

Man darf deshalb wohl mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs das Hartnack'sche Objectiv von keinem anderen bis jetzt auf dem Europäischen Festlande verfertigten übertroffen wird, es müfsten denn etwa Amici'sche Objective darin eine Ausnahme machen.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn dieser Vergleich auch auf die besten Englischen Objectivsysteme ausgedehnt wird. Durch die Güte des Dr. Molewater hatte ich Gelegenheit, ein grofses Mikroskop von dem unlängst verstorbenen Andrew Rofs, welches dem Rotterdamer Krankenhause gehört und vom Jahre 1858 ist, zu untersuchen, und dadurch eine Anzahl der nämlichen Probeobjecte zu prüfen, die bei dem Hartnack'schen Objective benutzt wurden. Das stärkste zu diesem Mikroskope gehörige Objectiv soll $\frac{1}{12}$ engl. Zoll Brennweite haben; dieselbe ist aber wirklich kürzer. Nach der Vergröfserung beim Gebrauche der nämlichen Oculare zu urtheilen, schätze ich seine Brennweite ungefähr gleich wie am Hartnack'schen Objective, d. h. etwa $\frac{1}{15}$ engl. Zoll. In Betreff des optischen Vermögens mufs ich mich aber dahin aussprechen, dafs man durch das Objectiv von Rofs nicht nur alles das sehen kann, was man durch das Hartnack'sche erkennt, sondern dafs jenes in Betreff des Begränzungsvermögens auch noch einen Vorzug vor dem letztern hat. Die Schärfe und Nettigkeit der Bilder ist wahrhaft erstaunenswerth. Ich erkläre dieses Linsensystem für das beste unter allen jenen, die mir bis jetzt vorgekommen sind.

Es fehlten mir zwar damals die nöthigen Einrichtungen zu einer vollständigeren Untersuchung, namentlich zur Bestimmung des Oeffnungswinkels und der äufsersten Gränzen des optischen Vermögens. Bringe ich aber die Resultate meiner Beobachtung an den mir wohlbekannten Probeobjecten in Anschlag, so liegen diese Gränzen gewifs noch weiter hinaus als beim Hartnack'schen Objectiv.

Das stärkste System eines im Jahre 1860 von Powell und Lealand verfertigten Mikroskops stellte Hr. P. J. Kipp einige Zeit zu meiner Verfügung, so dafs ich das-

selbe einer mehr erschöpfenden Untersuchung unterwerfen konnte. Seine nominelle Brennweite ist $\frac{1}{16}$ engl. Zoll; ich fand aber die wirkliche Brennweite der äquivalenten Linse bei der stärksten Annäherung der Doppellinsen mittelst des Correctionsapparates $= 1{,}36^{mm}$ oder ungefähr $\frac{1}{18}$ engl. Zoll. Der Oeffnungswinkel hat die bedeutende Gröfse von 175 bis 176°, d. h. unter diesem Winkel dringt noch ein Lichtschimmer ins Mikroskop; der wirklich nutzbare Theil der Oeffnung beträgt jedoch nur 145°. Die directe Vergleichung dieses und des Hartnack'schen Objectivs, wobei dieselben nach einander an das nämliche Mikroskop angeschraubt wurden, die Beleuchtung die nämliche war und durch Verkürzen und Verlängern des Rohrs auch eine möglichst gleiche Vergröfserung erreicht wurde, belehrte mich, dafs verschiedene schwierige Probeobjecte ziemlich in der nämlichen Weise zu erkennen waren. Auch am Nobert'schen Probetäfelchen konnten bei gleicher Erleuchtung die nämlichen Gruppen unterschieden werden. Wenn ein Unterschied bestand, wie gering er auch seyn mochte, so war gewifs das Objectiv von Powell und Lealand das stärkere.

Das zeigte sich auch, als ich die Gränzen des optischen Vermögens dieses Objectivs genauer zu bestimmen suchte. Die Methode mit den Luftbläschen war hier aber schwer in Anwendung zu bringen wegen des geringen Abstands des Brennpunkts von der untern Fläche des Objectivs. Das dioptrische Bildchen nämlich befindet sich unter dem Luftbläschen, also noch in einiger Tiefe in der Flüssigkeit. Nun ist es, auch wenn man ein noch so dünnes Deckplättchen nimmt, fast unmöglich, das mit diesem Objectiv versehene Mikroskop so zu stellen, dafs man das Bildchen unterhalb eines Luftbläschens scharf sieht, ohne dafs das Objectiv auf das Deckplättchen aufstöfst. Sobald aber dieses Aufstofsen erfolgt, ist natürlich jede Bestimmung unzulässig, weil in der Flüssigkeit eine Strömung entsteht und dadurch die Luftbläschen mit fortgerissen werden. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang mir aber doch einmal eine solche

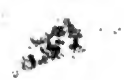
Bestimmung an dem Bildchen parallel gespannter Drähte. Das kleinste Bildchen der noch wahrnehmbaren Interstitien hatte 0,188^{mmm} oder $\frac{1}{5320}$^{mm} Durchmesser. Für das Hartnack'sche Objectiv hatte, wie vorhin angegeben, diese Gränze 0,192^{mmm} oder $\frac{1}{5210}$^{mm} betragen.

Im Ganzen darf ich mich also dahin aussprechen, dafs das Objectivsystem No. 10 von Hartnack im optischen Vermögen von den beschriebenen beiden englischen Systemen noch übertroffen wird. Dabei kommt noch in Betracht, dafs bei den letzteren diese stärkere Wirkung ohne eine Zwischenschicht von Wasser erreicht wird, dafs mithin ihre gröfsere optische Vollkommenheit lediglich auf der genaueren Combination ihrer zusammensetzenden Linsen beruht.

Doch mufs ich auch daran erinnern, dafs Hartnack, wie bereits erwähnt, ein noch stärkeres Objectiv No. 11 hergestellt hat, von dem anzunehmen ist, dafs sein optisches Vermögen vor No. 10 den Vorzug hat.

Dessen ungeachtet besitzt Hartnack's Objectiv einen Vorzug, wodurch es in praktischer Benutzung noch über die Objective von Rofs und Powell und Lealand zu stehen kommt, ich meine nämlich den gröfsten Abstand zwischen Object und Unterfläche des Objectivs, wenn sich ersteres in der zum genauen Sehen erforderlichen Entfernung befindet. Die Bedeutsamkeit dieser Eigenschaft wird vielleicht denen entgehen, die das Mikroskop als ein Luxuswerkzeug, als eine Art Kaleidoskop benutzen, wodurch man sich und seinen Freunden ein Vergnügen bereiten kann, indem man einzelne dazu hergerichtete Gegenstände beschaut. Sehr hoch schätzt sie dagegen der wissenschaftliche Forscher, der die Hand immer am Knopfe der Mikrometerschraube hat und das Rohr mit feiner Einstellung auf- und abbewegt, um die Objecte, die sich in verschiedener Tiefe im Gesichtsfelde befinden, nach einander in den Focus zu bringen, oder um die über einander gelagerten Schichten des nämlichen Objects der Reihe nach zu scharfer Wahrnehmung zu bringen.

Wenn ich schliefslich noch hinzufüge, dafs das Objectiv



mit $\frac{1}{16}$ Zoll Brennweite von **Powell** und **Lealand** 16 Pfund, jenes mit $\frac{1}{12}$ Zoll Brennweite von **Rofs** nicht weniger als 18 Pfund kostet, dann dürfen sich die Jünger der Wissenschaft, die meistens mit Lust und Eifer zu Untersuchungen reicher ausgestattet sind als mit irdischen Gütern, wohl freuen, dafs **Hartnack** ein so ausgezeichnetes Objectiv um einen so geringen Preis liefert.

24. November 1860.

V. *Ueber das innere Gefüge der nähern Bestandtheile des Meteoreisens; von Freiherrn v. Reichenbach.*

XV.

Ueberblickt man die Bruch- oder Schliffläche irgend eines Meteoriten, so findet man ein scheinbar konfuses Gemenge von allerlei Dingen, in welchem man sich nicht allzuleicht zurecht findet. Man sieht da helle und dunkle Gesteine in krausem Durcheinander mit gelben, röthlichen und weifslichen Metallpartikeln, gröfsere und kleine Körperchen in einander eingehüllt und alles zusammen zu einem breccienartigen Klumpen verkittet. Die Eisenmeteoriten, wenn sie die bekannten Widmannstättenschen Figuren zeigen, besitzen zwar einen Schein von Ordnung ihres Einbaues, allein es ist damit nicht eben weit her; denn kaum beschaut man sie näher, so gewahrt man meistens ein unregelmäfsiges Durchkreuzen verschiedenartiger Bestandtheile. Diese Verwirrung war Schuld, dafs man lange Zeit sich scheute, an eine Untersuchung derselben Hand anzulegen.

Man kann die hier zusammenstehenden Stoffe in oxydirte steinige, und in oxydable metallische theilen; hier

wollen wir diesmal die Letzteren, namentlich *das Eisen,* einigen Betrachtungen unterwerfen.

Suchen wir nach einem reinen Eisenmeteoriten, als dem einfachsten Falle, in welchem man es nur mit gediegenem Metall allein zu thun hätte, so ist diefs vergeblich; es giebt keinen einzigen, der nicht fremdartige steinige Körper eingelagert enthielte, wenn auch in geringer Menge. Die verhältnifsmäfsig am wenigsten gemengten sind *Nelson, Senegal, Hauptmannsdorf, Smithland, Tucuman, Cap, Claiborne,* soweit nämlich die Exemplare, die mir zu Gesichte gekommen und soviel ich davon selbst habe, zu diesem Urtheile berechtigen. Allein auch diese, für den ersten Anblick einfach scheinenden Eisenmassen zeigen bei näherer Prüfung nicht blofs fast immer noch feine steinige Körperchen, sondern auch häufig kleineres oder gröfseres vereinzeltes Schwefeleisen oder Graphit eingeschlossen; und unterwirft man sie der Politur und dem Aetzen mittelst Säuren, so ist keiner, der bei vorsichtiger Behandlung nicht endlich Verschiedenheiten in seiner ihn konstituirenden Substanz verriethe. — An diese schliefsen sich die Eisenzusammensetzungen an, wie wir sie in *Saltriver, Kamptschatka, Cap, Babbsmill, Chester, Rasgata* sehen. Wenn es so einerseits Eisenmeteoriten giebt, bei denen Mannichfaltigkeit in den Bestandtheilen nicht sogleich ins Auge fällt, so giebt es dann in weiterem Fortschreiten der Verbindungen solche, die bei Entfaltung von Widmannstättenschen Figuren eine hohe Zusammengesetztheit verrathen. Dazu ist nicht immer die Bearbeitung durch Politur und Aetzung nothwendig, viele lassen diese Figuren schon auf dem rohen Bruche sehen, wie *Zakatekas, Cosby, Bemdego, Seeläsgen, Durango, Arwa, Caille, Sevier, Burlington, Ashville, Sarepta*; ja es giebt welche, bei denen man sie schon an der rohen unberührten Aufsenseite wahrnehmen kann, wie *Elbogen, Carthago, Lenarto, Caryfort, Sta. Rosa* u. a. m. — Schreiten wir nun fort mit der Zunahme der Zusammengesetztheit, so gelangen wir zu der Pallasgruppe, in welcher Eisen und Stein beiläufig zu gleichen Theilen gemengt sind;

wir kommen zu *Steinbach,* dann zu *Bitburg,* welch letzterer im Mittelpunkte aller Meteoriten zu stehen scheint; endlich zu *Hainholz*, in welchem man das Eisen nur noch hier und da in kleinern Klumpen beisammen, im Uebrigen im Uebergange zu den Steinmeteoriten ins Kleine zertheilt findet. Noch kleinere Eisenklümpchen hat man in *l'Aigle, Mainz, Barbotan, Wenden, Slobodka, Linum, Piney, Blansko* u. a. m. entdeckt. Und so läuft die Erscheinung des metallischen Eisens allmählich aus in dem feinen Gestricke, das es in der Reihe der Steinmeteoriten bildet, immer zarter werdend in *Makao, Wesely, Charsonville, Erxleben,* bis es endlich verschwindet in *Stannern, Langres, Petersburg, Bishopville, Constantinopel, Jonzac, Quenggouk, Uden, Schalka.*

Von den Gesetzen nun, unter welchen diese metallischen Zusammensetzungen stehen; von der Mannichfaltigkeit der Metallgemische und Metallgemenge, welche Antheil an jenen haben; von dem Gefüge, nach welchem sie in sich gebaut sind, wissen wir bis jetzt dürftig wenig. Wir wollen es versuchen, über die Schwelle ihres geheimen Baues zu gehen und wenn möglich, einiges darin zu erkunden.

Den Angriff wagen wir am besten da, wo die Bildungen *am deutlichsten ausgeprägt* sind, und diefs ist wieder, wie bei so manchen andern Nachsuchungen, bei der Pallasgruppe. Denken wir uns, um beim Einfachsten zu beginnen, drei oder vier Kügelchen, etwa erbsengrofs. Sie können kugelrund, eirund, länglichrund, gepaart, auch untereinander ungleich grofs seyn, es ist gleichgültig. Die Substanz könnte beispielsweise Olivin seyn. Nähern wir diese Kügelchen einander, schliefsen wir sie alle drei dicht an einander an, so wird in der Mitte zwischen ihnen ein leerer Raum entstehen, der in der Ebene ihrer drei Centern genommen, ein von Kreisbögen eingeschlossenes Dreieck *a* oder eine unregelmäfsige Figur *b* darstellen wird, wie in Fig. 1 u. 2 Taf. II. Denken wir uns nun, dafs diese Kugeln in dieser Vereinigung in eine Flüssigkeit gebracht würden, aus welcher irgend eine Substanz langsam sich aus-

schiede und an ihre feste Umgebung allmählich anlagerte, etwa wie gemeiner Pfannenstein, dann würden die Kugeln damit überzogen und die leeren Räume zwischen ihnen allmählich enger, endlich ausgefüllt werden. Wir sehen ähnliches bei Cacholong, Jaspis etc. Würden wir aber diese Anlagerung früher unterbrechen, ehe der Zwischenraum ganz ausgefüllt wäre, etwa wenn auf die Kugeln nun erst eine dicke Rinde aufgewachsen wäre, so würden wir diefs Dreieck in Fig. 3 Taf. II. vorfinden; wobei der hier schraffirte Theil Kieselerde, kohlensaurer Kalk, Gyps, oder was immer seyn könnte. — Brächten wir diese Zusammenstellung jetzt in eine andere Flüssigkeit, mit einer andern Substanz gesättigt, aus der wieder eine feine Ablagerung sich ausschiede und an die Kugeln anlegte, so bekämen wir innerhalb derselben nach kurzer Zeit etwa eine dünne Haut aufgesetzt, wie hier Fig. 4 u. 5 Taf. II. Tauchten wir diefs in eine dritte Flüssigkeit ähnlicher Art, und liefsen es längere Zeit darin, so würde der innere Raum neue Auflagerung auf seine Umfassungswände erhalten; und wenn wir diefs lange genug andauern liefsen, endlich ganz zuwachsen, er würde sich ausfüllen; Steine, wo es so zugegangen, haben wir ja viele; die bekanntesten sind Onyxe, Chalcedonkugeln, Cacholong, Erbsenstein, Agate, Brauneisenstein, Bohnerze, Malachite u. s. w.

Nun, solche Bildungen *besitzen* wir auch in den Meteoriten, und zwar in grofser Menge.

Um ihrer deutlich ansichtig zu werden, ist es erforderlich die Meteoriten zu durchschneiden, sie auf der Schnittfläche aufs feinste zu poliren, so vollkommen, dafs man auch mit der Lupe keine Schliffritzen mehr gewahr werden kann. In dieser Zurichtung ist die blofsgelegte Eisenfläche gewöhnlich ganz einförmig metallisch glänzend, ohne irgend eine Unterscheidung und *einfarbig eisengrau*; man glaubt ein gewöhnliches Stück polirten Eisens vor sich zu haben. Keines der verschiedenen Metallgemische, aus denen die Meteoreisen zusammengesetzt sind, zeigt irgend einen Farbenunterschied. Man entlarvt sie und wird ihrer ansichtig

auf zwei verschiedenen Wegen, nämlich entweder durch den *Anlauf*, oder durch das *Anätzen mit Säuren*. Der Erstere besteht darin, dafs man blankpolirtes Metall auf Gluht legt und es mäfsig erhitzt. Lange bevor es glüht, überzieht es sich bei gewissen Hitzgraden bekanntlich mit Regenbogenfarben. Die Eisenarbeiter nennen diefs den Anlauf. Es ist muthmafslich die Bildung einer äufserst feinen eigenthümlichen Suboxydhaut, die bei höhern Hitzgraden wieder verschwindet. Diefs angewandt auf Meteoreisen, treten auf der blanken Fläche zuerst die lichteren Farben, Schattirungen von Gelb und Roth ein, später folgen die dunklern mit Purpurroth und Blau. Die verschiedenen Eisenarten (s. v. v.) in den Meteoriten, mit verschiedenen Verwandtschaftsgraden zum Sauerstoffe der Luft begabt, erfordern verschiedene Hitzgrade zu ihrer Oxydulirung, d. i. zu ihrem Anlaufe und ihrer davon bedingten Farbenentwickelung. Diefs hat zur Folge, dafs während die Einen noch gelb sind, die Andern schon blau werden, wieder Andere gleichzeitig Mitteltinten annehmen. Da die in einem Meteoriten verbundenen Eisenarten unter einander scharf abgegränzt sind und ihre Anlauffarben nach der Abkühlung beibehalten, so giebt diefs ein vortreffliches Mittel an die Hand, sie von einander sichtlich zu unterscheiden. — Diefs ist die Eine Methode, das innere Gefüge der Eisenpartien in den Meteoriten zur Ansicht zu bringen, die wir dem Freiherrn von Widmannstätten verdanken; aber seine Erfindsamkeit hat uns aufserdem mit einer zweiten noch bessern beschenkt, und diefs ist das Anätzen mit Säuren. Diefs geschieht, wenn man mit verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure auf die Metallfläche einwirkt und sie damit angreift. So wie die Säure wirkt, verfärbt sich die Fläche. Jede der Verbindungen des Eisens mit andern Metallen, Kürze halber hier uneigentlich »Eisenarten« genannt, nimmt ein anderes Aussehen an. Es treten Linien und Farben zu Tage, es kommen Zeichnungen zum Vorschein, welche die Mineralogie fortifikationsartig zu nennen pflegt. Die Aetzung darf nur schwach, es darf nur ein Hauch von der polirten

Oberfläche hinweggenommen seyn. Allzu schwache Aetzung hebt die Unterschiede zu wenig hervor; zu starke verwüstet diese Unterschiede der Substanzen und des Gefüges wieder. Verschiedene Meteoreisen leisten den Säuren verschiedenen Widerstand; das rechte Maafs jedesmaliger Behandlung mufs man für jeden Meteoriten suchen.

Sehr deutlich sind diese Formen in der Pallasgruppe ausgeprägt. *Atakama* giebt ein Beispiel, welches stellenweise wenig von obiger Zeichnung abweicht. *Pallas* selbst kommt ihm nahe. *Brahin*, *Bitburg* u. a. sind nicht wesentlich davon verschieden. Atakama stellt diese Verhältnisse am gröfsten, Bitburg am kleinsten dar. In der Wirklichkeit sind diese Kugeln selten, vielleicht niemals, rein sphärisch; sie weichen von der regelmäfsigen Form ab, haben verschiedene Gröfse, sind bisweilen krystallisirt, oftmals höckerig, ungleich gekoppelt und dann entstehen Zwischenräume von allen denkbaren Figuren daraus, welche hinwiederum von zwischengelagerter metallischer Substanz, die ihren Oberflächen in alle Winkel sich hineinkrümmend anschmiegt, ausgefüllt sind.

Von welcher Art die Flüssigkeiten gewesen, und in welcher Weise die Ablagerung aus ihnen vor sich gegangen seyn müsse, welche wir in den Meteoriten vorfinden, darüber habe ich meine Ansicht schon öfters in frühern Abhandlungen auszusprechen gewagt; ich habe mit Gründen nachzuweisen gestrebt, dafs die Gebilde, die vor uns liegen, nur aus einem gasförmigen Zustande sich ableiten lassen. Um sich zu krystallinischen Bildungen konsolidiren zu können, müssen die Atome der Materie frei beweglich, sie müssen suspendirt gewesen seyn. Dawider habe ich Einwürfe vernommen. Man hat es unzuläfsig gefunden, dafs ich Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Kalkerde, Talkerde u. s. w. gasförmig annehme, und zwar im leeren Weltraume ohne Hitze, ja bei einer Kälte von 50 bis 90, ja 140 Centesimalgraden, wie man ihn berechnet hat. Wie kann Eisen, hält man mir entgegen, bei 100 Grad Kälte gasförmig angenommen werden! — Dieser Widerspruch wird nicht

schwierig zu entkräften seyn; ich habe schon einmal in einer vorangegangenen Abhandlung eine Berechnung von Hrn. Helmholz angeführt, welche nachweist, dafs *innerhalb unseres Sonnensystems auf jeden Gran festen Stoffes mehrere, ja viele Millionen Kubikmeilen freien Raumes kommen.* Dieses Rechnungsergebnifs hat in Bezug auf die Bildung der Weltkörper, somit auch der Meteoriten, ein Recht auf die aufmerksamste Beachtung. Denken wir uns diesen einzigen Gran in seine Atome aufgelöst und diese einzeln in dem weiten Raume, in viele Millionen Kubikmeilen gleichmäfsig vertheilt. Wie klein man sich die doch endliche Gröfse eines Atoms immerhin vorstellen oder denken möge, so wird doch Niemand behaupten wollen, dafs er sich von einem Gran den ungeheuren Raum mit Stetigkeit ausgefüllt denke, etwa wie Kohlensäuregas, mit welcher wir einen Glasballon füllen oder wie die Luft, in der wir athmen. Die Atome müssen also in dem ihnen angewiesenen weiten Raum gesondert gewesen seyn; sie müssen einzeln ohne Berührung unter einander bestanden haben, jeder für sich und vom andern in weitem Abstande, Klafter — Stadien — meilenweit eines vom andern entfernt. Da standen sie dann unter keiner Pressung, es bedurfte keiner Hitze, um sie einzeln im Schöpfungsraum suspendirt und zu Eingehung von Verbindungen und krystallinischen Ablagerungen bereit zu erhalten. Sie waren vereinzelt im Leeren frei und jedem Impulse verfügbar. — Man hat auch den hypothetischen Weltäther als denkbares Lösungsmittel für die Materie vorgeschlagen[1]). Man sieht, dafs diese zusammengesetzte, wenig wahrscheinliche Unterstellung unnöthig ist und der Erklärung ohne Weltäther keine theoretische Schwierigkeit im Wege liegt. Ebensowenig bedarf es zur Erklärung der Zuflucht zu kosmischen Nebelmassen.

In der Regel sind es in der gesammten Pallasgruppe drei solcher Auflagerungsschichten, die man nach der Aetzung bequem mit blofsem Auge unterscheidet. *Alle drei bestehen aus metallischem Eisen* in verschiedenen Verbindungen

1) Weifs, Satellitenbildung S. 8. 1860.

mit Nickel und Kobalt, wahrscheinlich ohne Chrom. *Die Erste*, welche zunächst an die Kugeln, hier überall Olivin, sich anschliefst, zeigt sich nach dem Anätzen als *lichtgraues* Eisen, das von den Säuren lebhaft angegriffen wird; *die zweite* ist eine dünne, gewöhnlich kaum papierdicke Schicht, die beim Anätzen als *röthlichgelbes* Eisen, isabellfarben, zum Vorschein kommt; *die dritte* eine *dunkelgraue* Eisenverbindung, die den übrigen Raum, der innerhalb der beiden ersten leer geblieben, überall ausfüllt. Da diese drei Formen von Eisen fast immer und allenthalben miteinander vorkommen und in einer innern Abhängigkeit von einander zu stehen scheinen, so kann man sie mit Fug unter den Begriff einer *Trias* zusammenfassen, nach dem Vorbilde der Geognosten, die auf Alberti's Vorschlag in einem ähnlichen Falle das Gleiche gethan. Die Zeichnung Fig. 6 Taf. II wird diefs deutlicher machen. Sie zeigt in ihren weifsgebliebenen Theilen das lichtgraue Eisen; in ihren punktirten Stellen das dunkelgraue Eisen; die sämmtlichen Linien entsprechen den feinen Fäden isabellfarbigen Eisens. Noch kommt, in der Pallasgruppe, jedoch sparsam, eine vierte, hier und da noch eine fünfte Eisenverbindung hinzu, welche weniger regelmäfsig und nicht geschichtet, mehr zerstreut und inconstant in den Meteoriten erscheinen, und sich durch weifsliche Farbe und ihren gröfsern Widerstand gegen den Angriff der Säure auszeichnen, indem sie von verdünnter Salpetersäure unangegriffen, ungefärbt, blank und in ungetrübtem Glanze ihrer Politur bleiben. Die Folge wird zeigen, welche grofse Rolle diese drei bis fünf Eisenzustände und ihre Angehänge durch die ganze Meteoritenkunde hindurch spielen. Wir wollen sie der Reihe nach der Betrachtung unterziehen.

Der gegenwärtige Aufsatz soll zunächst das *lichtgraue metallische Eisen, das sich überall unmittelbar an die Olivine anschliefst*, zum Gegenstande haben. Es bildet die erste Schicht, die sich darauf ablagerte. Sehr schön tritt es in der Pallasgruppe zu Tage und unterscheidet sich hier am schärfsten und am bestimmtesten von beiden andern

Eisenarten, namentlich in *Atakama*. Fast ebenso schön wie hier findet es sich in *Pallas* selbst, dann in *Brahin*; in *Bitburg* und in *Steinbach* ist es in kleinerem Maafsstabe ausgeprägt, und ohne Zweifel in allen zur Pallasgruppe gehörigen Meteoriten gegenwärtig, deren noch welche zerstreut vorhanden scheinen und mir noch nicht zu Gesichte gekommen sind.

Die Säure greift diesen Antheil der Eisenfläche leicht an. Setzt man die Aetzung eine kurze Zeit durch häufigere Erneuerung der Säure weiter fort, als zur blofsen Aufdeckung der Zeichnung nothwendig war, was am besten durch mehrmaliges Auftragen mittelst eines Haarpinsels geschieht; so kommen darauf allmählich mikroskopisch feine gerade parallele Linien zum Vorschein, aufs Dichteste aneinander angereiht, und sie sieht wie schraffirt aus. Aetzt man noch stärker, so gewinnt diefs Eisen nahezu das Ansehen einer feinen, schwach gehauenen Feile und die Schraffirungen gleichen zarten wahren Feilenhieben in ein lichtgraues glänzendes Metall geschlagen. Sie sind erst alle parallel; bald aber treten auch zahllose andere, unter sich ebenfalls parallele gerade Linien darin auf, die mit den erstern unter mehr oder weniger spitzigen Winkeln sich kreuzen, bisweilen fast rechtwinklig sie schneiden. Gegen das Licht unter bestimmten Winkeln gehalten, schimmern sie lebhaft mit Metallglanz. Und da dieser Schimmer auf der geätzten Fläche des ganzen Meteoriten immer bei bestimmter Haltung zu *gleicher* Zeit eintritt, so müssen die schraffirten Linien alle gleiche Richtung über alle diejenigen Theile haben, welche zu gegenwärtiger Eisenart gehören. — Derselbe Fall ist es mit den zweiten, den Kreuzungslinien. Auch diese schimmern in einer bestimmten, von der vorigen verschiedenen Richtung, und schimmern ebenfalls in gleicher Weise gleichzeitig über die gesammte Oberfläche, die dieses Eisen auf dem ganzen Schnitte einnimmt. Diefs lichtgraue Eisen, nach allen seinen unzähligen Verästelungen zwischen den Olivinen, gegen das Licht gehalten, wechselleuchtet (changirt) also in zwei Richtungen,

je nachdem man das eine oder das andere Strichsystem das Licht gegen die Augen reflektiren läfst. Damit ist es jedoch nicht immer abgethan; es kommen oftmals noch weiter parallele Linien von dritter, vierter Richtung zum Vorschein und wechselleuchten mit den Erstern.

Augenscheinlich sind diese Linien die Querschnitte von unzähligen zartesten Blättern, die alle parallel auf einander abgelagert sind. Sie sind die Zeugen eines krystallinischen Gefüges, nach dessen Gesetze der Einbau des Eisens zwischen den Olivinkörnern angeordnet ist. Das gesammte lichtgraue Eisen bildet demnach, so weit es gleichgerichteten Schimmer zeigt, ein Theilungsstück eines grofsen Krystallindividuums, das weit durch den ganzen Meteoriten verzweigt ist, und das bald in dieser bald in jener Richtung wechselleuchtend schimmert, je nachdem der Blätterdurchgang der einen oder der andern Richtung gegen Licht und Auge gestellt ist.

Wie nun ein solches System von wechselleuchtendem Eisen Einem grofsen verzweigten Theilungsstücke eines einzigen Krystalles angehört, so giebt es in jedem Pallas, Atakama, Steinbach u. s. w. deren nicht blofs Einen, sondern mehrere, welche mit dem erstern bald zu Zwillingskrystallen verwachsen, bald frei neben ihm zwischen den Olivinkugeln eingelagert sind. Sie besitzen dann wieder ihre eigenen Strichsysteme, und daraus folgt dann das endlos scheinbar wirre, schöne Flimmern, das die geätzte Fläche solcher Meteoriten dem Auge bei jedem Wechsel seiner Richtung gegen das Licht darbietet.

So lange man Steinmeteoriten und Eisenmeteoriten für generisch verschieden hielt, sah man die gekrümmten Eisenbildungen in der Pallasgruppe für etwas ganz eigenthümliches fast räthselhaftes an. Eine genaue Vergleichung verschiedener Individuen dieser Gruppe von verschiedenen Fallorten miteinander überbrückt aber die Kluft, welche die Pallasgruppe von den zahlreichen andern Meteoriten zu trennen schien. Sie deckt uns auf, dafs die Figuren und deren Substrat, welche die Aetzung hier blofslegt, zwar

im äufsern Ansehen und in der Form der Lagerungsanordnung, jedoch nicht ihrem innern Wesen nach verschieden sind von denen der andern, namentlich der Eisenmeteoriten. Man findet mit Ueberraschung, dafs alle die Eisenarten, die man in der Pallasgruppe gewahrt, sich in Parallele bringen lassen mit jenen, welche man bereits an den Eisenmeteoriten von Agram, Elbogen, Bohumiliz u. s. w. kannte. Endlich aber eine vollständige Uebereinstimmung mit ihnen geht aus einer vergleichenden Untersuchung hervor, die ich unlängst mit einer Anzahl von Meteoriten aus der Pallasgruppe angestellt habe und die in den europäischen Mineralien-Sammlungen unter den Bezeichnungen: Meteoreisen von Sachsen, Norwegen, Böhmen, Eibenstock, Johanngeorgenstadt, Grimma, Naunhof, *Steinbach* aufgeführt sind. Alle die hiehergezählten Meteoriten, die ich in den Museen zu Berlin, Prag und Wien sah und die mit denen in meiner Sammlung übereinstimmen, ergaben sich bei genauer Prüfung als Bruchstücke von Einem und demselben Steinfalle, der sich in der Nähe des Seifenwerkes Steinbach, an der sächsisch-böhmischen Gränze (zwischen Eibenstock und Johanngeorgenstadt gelegen), zugetragen hat. Die Benennung »*Steinbach*« hat Hr. Haidinger angenommen und ich schliefse mich ihr als der richtigsten an. Das Eisen dieses Fallortes nun zeigte mir nach dem Aetzen in allen seinen Bruchstücken in charakteristischer Weise zwar die *gekrümmte* Umfassung der Olivine mit dem lichtgrauen Eisen, alle Zwischenräume aber, die dieses übrig liefs, mit *geradlinigen* Eisenbildungen ausgefüllt, in der zartesten, wahrhaft prachtvollen Ausprägung. Wir werden diefs im Nachfolgenden deutlicher ersehen, hier aber halten wir davon nur so viel fest, dafs die Figuren in der Pallasgruppe in ihrem Uebergange vom Gekrümmten zum Geradlinigen eine überraschende Uebereinstimmung der in ihr vorfindlichen Eisenarten mit denen durchblicken lassen, aus welchen alle übrigen Eisenmeteoriten mit Widmannstättenschen Figuren zusammengesetzt sind. Wenn wir demnach die Verhältnisse der gekrümmten Eisenbildungen in der Pallasgruppe ver-

stehen lernen wollen, so müssen wir die Anfragen an die geradlinigen in der Gruppe der Widmannstätten richten. Sie werden bei der Vergleichung sich gegenseitig aufklären. — Wir wollen diefs in dem Folgenden versuchen.

Es giebt unter Letztern überaus schöne, zarte Bildungen durch Aetzung entblöfst, wie *Putnam*, *Tazewell*, *Löwenflufs*, *Charlotte*, *Agram*, *Ashville* u. a. m., sie sind ihrer Feinheit wegen für die Prüfung minder leicht verständlich als die stärker ausgeprägten Gebilde, die von *Elbogen*, *Burlington*, *Schwetz*, *Caille*, *Lokport*, *Madoc*, *Haxuquilla*, *Louisiana*, *Texas*, *Lenarto*, *Sta. Rosa*, *Tula*, *Nebraska*, *Carthago*, *Petropaulowsk*, *Guildford*, *Redriver*, *Bohumiliz*, *Bata*, *Durango*. Am gröbsten gestaltet und darum am leichtesten zur Prüfung sind *Blackmountains*, *Union County*, *Bemdego*, *Bruce*, besonders aber *Cosby* und *Seeläsgen*. Nehmen wir aus der Mitte heraus zuerst *Elbogen*, *Texas*, *Burlington* und *Lokport*. Sie stehen sich ziemlich nahe in Beziehung auf gegenwärtige Beschauung. In allen finden wir die drei Eisenarten, welche wir in der Pallasgruppe entwarfen: Das lichtgraue Eisen, das Schraffirung annimmt, zwischen diesem und dem folgenden das dünne röthlichgelbe leistenartige Eisen, das fadenartig auftritt, dann das dunkelgraue Eisen, das die Mittelräume ausfüllt. Wir begegnen hier denselben Substanzen und in derselben Reihenfolge über einander gelagert, also auf beiden Seiten, hier wie dort, die Trias. Aber eine grofse Verschiedenheit in der Form ihrer Erscheinung findet statt: sie sind hier nicht mehr gekrümmt, sie biegen sich nicht mehr um eine knolligkuglige Unterlage, ihre Gestaltung ist nicht mehr bedingt durch den Einflufs, der auf ihre Auflagerung ein ihnen fremder Körper ausübt, es ist nicht mehr Olivin, von dessen Oberfläche ihre Form abhängig wäre; sondern sie treten selbstständig auf, folgen frei der ihnen innewohnenden Anlage zur Krystallisation, *nehmen gerade Richtung an* und entwickeln ganz andere Gestalten als die gerundeten in der Pallasgruppe. Vor allem das lichtgraue Eisen, um das es sich hier handelt, tritt überall in vorwaltender Menge auf, beherrscht

die Meteoriten und erscheint nun in geradlinigen Stäben oder Balken, mehr breit als dick, und in Eisenmassen wie *Elbogen* und *Caille* im kaiserlichen Kabinet in Wien, und bei *Carthago*, *Sevier*, *Lenarto*, *Caryfort* und *Manji* in meiner Sammlung in vier, sechs, acht bis zwölf Zoll langen geradlinig gestreckten Balken. Ihre Trias ist nicht mehr einfach, wie in der Pallasgruppe, sondern sie wiederholt sich zahlreich neben einander gelagert, und erstreckt sich geradlinig parallel. Andere ebenso zahlreiche kreuzen sich mit ihnen, und durchschneiden sie unter Winkeln von 30, 60 und 120 Graden, und bilden mit ihnen das regelmäfsige und schöne Netzwerk, welches wir dem aufmerksamen Entdecker zu Ehren Widmannstättensche Figuren nennen. Die Zeichnung Fig. 10 Taf. II zeigt diefs deutlich.

Alle diese über einander gekreuzten Eisenbalken zeigen, wenn sie polirt und angeätzt werden, ganz dieselben Linien quer und schräge auf ihre Längenaxe, genau wie wir sie bereits in der Pallasgruppe kennen gelernt haben. Stärker angeätzt kommen dieselben feilenhiebähnlichen parallelen Schraffirungen zum Vorschein, es gesellen sich unter spitzen Winkeln sie schneidende zweite, dritte, vierte Liniensysteme hinzu und alles gleicht nach Grundanlage vollständig dem lichtgrauen Eisen in der Pallasgruppe. Es ist nur alles freier, klarer und besser ausgebildet, die Krystallisation in diesen Balken weniger gehindert, aber mit den konstitutiven Beschaffenheiten, so wie mit den Beziehungsverhältnissen zu den andern Eisenarten vollkommen übereinstimmend.

Vergleichen wir ferner die *gröberen* Eisenmeteoriten, so sehen wir die Trias vorzugsweise in *Cosby* wiederkehren: das lichtgraue stabartige Eisen, das röthlichfahle Bandeisen, und das grauliche Fülleisen, jedoch alles mehrfältig modificirt. Das Balkeneisen zeigt zwar seine Linien oder Schraffirungen deutlich aber gröber. Dagegen ist dieses nicht mehr in so regelmäfsigen Stangen ausgebildet, nicht mehr in den schönen geradlinigen und parallelen Kreuzungen entwickelt, sondern schreitet in unregelmäfsig wulstige und knotige Massen aus, in denen das Auge nur mühsam in

den gröfsern Gestalten eine Längenausdehnung im Gegensatze von Breiten und Dickenausdehnung zu gewinnen vermag. Des isabellfarbigen Bandeisens wird es wenig; es wird so dünne, dafs es mit der Lupe gesucht werden mufs. Das Fülleisen wird heller, nähert sich in der Farbe dem Balkeneisen, bleibt wie überall unschraffirt, und ist fast nur noch durch diese einzige Beschaffenheit vom letzteren zu unterscheiden. — Ganz derselbe Fall ist es in allen diesen Verhältnissen mit dem, Cosby so ähnlichen, *Seeläsgen*, in welchem sich dieselben wörtlich, nur noch gröfser und noch gröber, wiederholen, so dafs dieses als das derbste in dieser Art von Eisenverbindung angesehen werden mufs, was wir überhaupt haben. — Das äufserste Glied in der Reihe der Widmannstättenschen Figuren macht endlich *Arwa* aus. Im strengen Sinne sind sie zwar darauf eigentlich nicht vorhanden, doch im weiteren ist es mit einigen seiner Eigenschaften hieher zu ziehen. Die Aetzung seiner polirten Fläche mufs mit sehr schwacher Säure ungemein langsam bewerkstelligt werden, nur dann kommen die feinen sparsamen Gränzen zu Tage, an denen man zwischen den knollig verwachsenen Metallmassen die feinen Reste von isabellgelben Linien und da und dort ein Fleckchen davon eingeschlossenen grauen Fülleisens gewahr wird, an denen man, sammt den Schraffirungen erkennt, dafs fast alles was man hier vor sich hat, nichts als Balkeneisen ist.

Nachdem wir nun die krummlinige und die geradlinige Bildung des Balkeneisens, jene in der Pallasgruppe, diese in der Gruppe der Widmannstätten kennen gelernt haben, kommen wir zu jenen Fällen, wo *beide miteinander* und ineinander vorkommen. Spuren davon findet man schon in manchen Exemplaren von Pallas und Atakama, ja selbst in den kleinen Stückchen von Brahin, die ich besitze, habe ich sie wahrgenommen. Als Prototyp hiervon aber haben wir *Steinbach* zu betrachten. Dieser zierliche Meteorit, seiner Masse nach zum gröfseren Theile aus Olivin bestehend, zeigt zunächst diesen schmal, aber regelrecht in lichtgraues Balkeneisen eingehüllt; aber das zur Trias gehörige, ihm

folgende isabellfarbige Bandeisen und das dunkelgraue Fülleisen kommen kaum zum Vorschein, als sie auch schon die krummlinige Bildung der Pallasgruppe verlassen haben und in die geradlinige der Gruppe der Widmannstätten übergegangen sind. Dies kann nur durch eine Zeichnung deutlich werden, die hier in Fig. 7 Taf. II gegeben ist. Die punktirten Stellen bezeichnen Olivin, die schraffirten krummliniges Balkeneisen, die Stäbe geradliniges.

Ein schönes Exemplar hiervon liegt in der Universitäts-Sammlung zu Berlin. Der Meteorit erhält dadurch das Ansehen, als wären in die Zwischenräume der Olivine, nachdem sie vorerst mit Balkeneisen überkleidet worden, Stückchen von den zartesten Widmannstätten, etwa von Tazewell, Putnam, Löwenfluſs oder Charlotte, mosaikartig mitten hineingesetzt worden. Wir finden hier krummliniges und geradliniges Balkeneisen in Einem Meteoriten vereinigt; und da mehr oder minder deutliche Spuren hiervon in allen gleichartigen Meteoriten sich vorfinden, so ergiebt sich, daſs die Pallasgruppe die Trias in zweierlei Bildungszustand zugleich enthält, in der krummlinigen und in der geradlinigen, womit sofort eine vollständige Combination des Eisens beider Gruppen vermittelt und vollzogen ist.

Da wir jedoch hier vorerst nur vom Balkeneisen handeln, so darf ich mich nicht entfernen von der obengestellten Anfrage an die Meteoritengruppe der Widmannstätten. Die Beantwortung fällt nach dieser Auseinandersetzung nunmehr dahin aus, daſs die gekrümmten Balkeneisen der Pallasgruppe durch Vermittlung der Steinbacherscheinung ganz zusammenfallen mit den geraden Balkeneisen der Widmannstättengruppe; daſs sie beide in gleicher Weise zur Trias gehören, und daſs der ganze Unterschied zwischen ihnen nirgends in der Substanz, sondern nur in der Form liegt, in der Lagerungsanordnung, welche auf eine gegebene oder eine fehlende Unterlage sich bezieht. Um es in Ein Wort zu fassen: *das krummlinige und das geradlinige Balkeneisen der Meteoriten ist nicht verschieden, sondern einerlei.*

Könnte über die Richtigkeit dieses Schlusses noch ein Zweifel entstehen, so würde er sicherlich durch die folgenden weitern Beobachtungen sich heben. Wir haben Eisenmeteoriten von schöner reiner Ausbildung, in denen die Entwicklung und vielmalige Wiederholung der Trias durch nichts gestört wird, wenigstens in Exemplaren nicht, die ich davon sah oder besitze, wie Löwenflufs, Charlotte, Putnam, Burlington, Sta. Rosa, Ruff, Durango, Caille. Wir haben aber andere, und sie sind bei weitem die Mehrzahl, in welchen *diese schöne Ordnung bald da bald dort gestört, ja öfters so häufig unterbrochen* wird, dafs die geätzte Metallfläche das Bild einer gänzlichen Verwirrung darbietet, in der man sich, mit der Trias als Norm im Bewufstsein, nicht mehr zurechtzufinden vermag. Sucht man sich unter den Eisenmeteoriten Fälle aus, wo die Ordnung der Trias die Oberhand hat, und nur vereinzelte Störungen darin sichtbar werden, so wird man den Schlüssel zu den Erscheinungen des krummlinigen und geradlinigen lichtgrauen Balkeneisens unschwer finden. Beispiele solcher Vorkommnisse geben *Lenarto, Carthago, Elbogen, Schwetz, Madoc, Misteca, Ashville* u. s. w. Betrachtet man sorgfältig irgend einen kleinen Einschlufs von Magnetkies, von Graphit oder sonst einer der Trias fremden Substanz in letztern Meteoriten, so wird man fast immer finden, dafs er nicht unmittelbar in die geordneten drei Eisenarten eingebettet ist, sondern dafs er zunächst umfangen wird von einer unregelmäfsigen Hülle eines Eisens, das nicht an die Ordnung der Trias sich kehrt, in der es gleichwohl inne liegt. So findet man es bei rundlichen Einschlüssen in *Ocotitlan, Madoc, Ashville,* bei eckigen in *Xiquipilko,* bei zerschlitzten in *Bata,* bei kegelförmigen in *Ashville*; dieses Hülleisen nimmt alle Gestalten an, die ihm die Gestalt des eingeschlossenen Körpers vorschreibt. In *Lenarto* finde ich sogar bis $1\frac{1}{2}$ Zoll lange papierdicke Blätter von Schwefeleisen eingeschlossen, die querfeldein die Trias nach allen Richtungen durchsetzen: sie sind alle entlang beiderseits von lichtgrauem Eisen schmal begleitet. Und prüft man diesen beständigen Be-

gleiter so genau, als es der heutige beschränkte Zustand unserer meteoritologischen Kenntnisse zuläfst, so findet man ihn lichtgrau, von der Säure schraffirt, wechselleuchtend mit dem Balkeneisen, von isabellfarbigem Bandeisen eingesäumt, nach allen Merkmalen nicht zu unterscheiden von dem übrigen Balkeneisen und sichtlich mit demselben identisch. Das lichtgraue Balkeneisen also ist es, welches überall gegen die Aufsenseite gekehrt, sich zunächst und zuerst an die fremden Körper, namentlich an die steinigen anlegt, sie umfafst und den Vermittler macht zwischen ihnen und der geordneten Trias, mit der es selbst einen Bestandtheil theilt. Die Unregelmäfsigkeit, welche man in den Aetzbildern der Widmannstätten findet, sind also nicht durch innere Unregelmäfsigkeit der Entwicklung und Krystallisation verursacht, welche sich den Eisenmassen während ihrer Bildung beigesellten, sozusagen darin hineinfielen; sie wurden zunächst von Balkeneisensubstanz ergriffen, das sich ihnen aufkrystallisirte, sie überzog und so durch seine Dazwischenkunft die Störung auszugleichen bestrebt war, die ein hinzugekommener fremdartiger Körper der regelmäfsigen Gestaltung in den Weg legte.

Und nun wird man begreifen, was es, im Rückblicke auf das krummlinige, wulstige Balkeneisen der Pallasgruppe für eine Bewandtnifs mit seinen Formen hat. Ihre Bildung erklärt sich nun vollkommen durch die letzten Beobachtungen. Während in der Gruppe der Widmannstätten die hinzugefallenen steinigen Körper vereinzelt in geringer Anzahl vorhanden sind und nur wie zufällig erscheinen, sind sie in der Pallasgruppe in grofser Anzahl gegenwärtig, ja sie machen in Form von Olivinen den Hauptbestandtheil aus. Die Substanz des Balkeneisens, ursprünglich im Zustande freier Atome befindlich, von späterem Herkommen als der Olivin, krystallisirte auf die steinige unförmliche Substanz und bildete krummlinige wulstige Ablagerungen. In dem engen Raume zwischen den Olivinen bequemten sich die beiden andern Glieder der Trias dem Balkeneisen an, und wir haben sie fortifikationsartig ausgestaltet in Ata-

kama, Pallas, Brahin. Sobald zwischen den Olivinen etwas mehr Raum gestattet war, so traten schon geradlinige Bildungen sporadisch mit auf. So finden wir in genannten Meteoriten auf den meisten etwas gröfseren Eisenflecken bereits geradliniges Balkeneisen mit Zubehör in kleinen Partikeln zum Vorschein kommen, gleichsam erste Versuche zum Aufkeimen und zur Weiterbildung der Trias. Die Zeichnung Fig. 8 Taf. II wird diefs ersichtlich machen.

Ist aber *noch* mehr Raum zwischen der steinigen Substanz, den Olivinen, zugestanden, und ist gleichzeitig die Tendenz zur Ausprägung der Gestalten im kleinsten Maafsstabe gegeben, dann tritt das krummlinige Gepräge mehr zurück und in den Vordergrund gelangt die ungestörte geradlinige Entwicklung der Trias. Diefs ist genau der Fall in *Steinbach*, einem der lehrreichsten und edelsten Meteoriten, den wir besitzen. Er stellt sich zunächst Bitburg, genau in die Mitte zwischen krummlinig wulstiges und geradliniges Balkeneisen, die er beide neben einander in sich vereinigt und unvermengt verkuppelt, und insofern für die Erklärung der Erscheinungen, auf die er ein helles Licht wirft, unschätzbar. Und nun folgt die grofse Phalanx der regelmäfsigen Widmannstättengruppe.

Gehen wir in diesen Untersuchungen einen Schritt weiter und zwar zu *Eisenmeteoriten ganz ohne alle Widmannstätten.* Da kommen wir unter andern zu dem berühmten *Hauptmannsdorf* (Braunau), an dem sich schon so viele Federn stumpf geschrieben haben. Man betrachtete ihn als einen seltsamen Ausnahmsmeteoriten. Diefs ist aber auf keine Weise der Fall und er stellt sich sehr schön in die Reihe, wenn man vergleichende Prüfungen mit ihm vornimmt. Schleift, polirt und ätzt man ihn mit sehr schwacher Salpetersäure, so kommen keinerlei Figuren nach Art der soeben beschriebenen Meteoriten zum Vorscheine, wohl aber zahllose feine gerade parallele Linien, die über die ganze Aetzfläche sich verbreiten, der grofsen Mehrzahl nach unter ziemlich spitzen Winkeln sich schneiden und in ununterbrochener Fortsetzung das ganze Eisenstück durchlau-

fen. Prüft man die Aetzfläche in allen ihren Theilen sehr aufmerksam, so findet man darauf hier und da sehr kleine Inselchen und nimmt man diese unter das Suchglas, so gewahrt man an ihrem äufsern Umfange eine Einfassung von dem oben bezeichneten isabellfarbigen Bandeisen, und in dessen Mitte ein Fleckchen von grauem Fülleisen. — Nun, wo finden wir uns also hier wieder? Offenbar nirgends anders, als bei der Regel, die wir ganz ebenso in der Pallasgruppe und in den Widmannstätten wahrgenommen haben. Hier ist das dritte Glied, das lichtgraue Balkeneisen, über die Maafsen überwiegend geworden, so dafs es in seiner Ausdehnung fast den ganzen Meteoriten ausmacht, während beide andere Glieder der Trias bis an das Verschwinden zurücktreten. Hauptmannsdorf ist also keine Ausnahms-Erscheinung von der grofsen Regel der Meteoritenbildung; es folgt ihr so genau wie jede andere meteorische Eisenmasse; es weicht nur im relativen Gröfsenverhältnisse der Gemengtheile ab, und in ihm ist das Balkeneisen *übermäfsig vorwaltend* geworden, so dafs man für den ersten Anblick verleitet ist, es als ausschliefslich daraus bestehend anzusehen.

Die Linien, welche es so schön geradlinig durchziehen, werden nun für sich klar; es sind *dieselben Linien*, welche in der Pallasgruppe und in den Widmannstätten das lichtgraue Balkeneisen, in gleichem Parallelismus und mit demselben Schimmer durchziehen und die ich dort mit Schraffirungen, mit Feilenhieben verglichen habe.

Diese Linien entstehen dadurch, dafs die Säure zwischen je zweien derselben einen Zustand vorfindet, in welchem ihr Angriff weniger Widerstand findet. Wir wissen, wie zwischen je zwei und drei Körpern, die sich einander berühren, voltasche Differenzirungen stattfinden und diese sind hinreichend, dem Einen von ihnen, in abgeänderter elektrischer Spannung von dem andern, entweder gröfsern Widerstand oder gröfsere Verwandtschaft zur Säure zu geben. Die Säure greift also zunächst da an, wo sie den geringsten Widerstand findet und das ist hier, weil sie ne-

gativ ist, an den in relativ positiver Spannung befindlichen Lamellen der Aetzfläche. Dadurch entsteht ein kanelirter oder gefurchter äufserer Zustand derselben; die minder angegriffenen Lamellen treten nun als feine, schimmernde und beziehungsweise schillernde Linien über die Oberfläche und werden sichtbar. Geht man sehr vorsichtig zu Werke, so kann man bisweilen deutlich erhobene Plättchen herauspräpariren, die über die Oberfläche wie zarteste Lamellen schief hervorstehen.

Bricht man Stücke von Hauptmannsdorf gewaltsam entzwei, so entsteht keine unregelmäfsig unebene Bruchfläche, sondern es treten Theilungsflächen nach der Richtung des Blätterdurchganges zu Tage, und zwar durchaus in der geringsten Anzahl, also im tesseralen Systeme und begränzen rechtwinklige Hexaëder. Ueberall, wo man ihn zerreifst, trennen sich die Theile dieses Meteoriten nach den Formen des Würfels. Man kann mit der Theilung ihm folgen und bekommt dann regelmäfsige Kuben mit metallischglänzenden Flächen als Theilungsgestalten.

Hr. Haidinger[1]) hat den ganzen Hauptmannsdorf nach diesen Verhältnissen, scheinbar ein einziges Krystallindividuum, genannt und die Merkwürdigkeit hervorgehoben, dafs hier homogenes Eisen sich theilbar zeigt mit vollkommenen Theilungsflächen, parallel den drei Richtungen des Würfels fast so willig als Bleiglanz. — Indessen ganz so einfach ist die Struktur des Hauptmannsdorfer Eisens doch nicht. Hr. J. G. Neumann hat in den naturwissenschaftlichen Abhandlungen, red. v. Haidinger, Bd. 3 S. 45 eine sehr umsichtige und gründliche Auseinandersetzung der krystallographischen Verhältnisse des Hauptmannsdorfer Eisens geliefert. In dieser vortrefflichen Arbeit wird das Gefüge desselben fast erschöpfend behandelt. Der Verfasser kommt zu dem Schlusse, dafs dieser Meteorit eine mehrfache Zwillingsbildung ausmache, wovon der gröfste Theil aus zwei Hexaëdern bestehe; dafs diese aber, stellenweise frei, auch nach den andern trigonalen Axen in Zwillings-

1) Haidinger's Mitth. von Freunden der Naturw. Bd. 3, S. 303.

bildungen eingehen. Er meint die Schichten dieser Krystalle könnten durch ungleichen Nickelgehalt verschieden, dadurch die Haltbarkeit durch deren verschiedenen Grad von Cohäsion bedingt seyn und drückt die Vermuthung aus, dafs ähnliche Krystallbildung auch in andern Eisenmeteoriten stattfinden möchte, worin er auch vollkommen Recht haben wird.

Noch einen schönen hiehergehörigen Meteoriten besitzen wir an *Claiborne*. (Die eine Hälfte davon befindet sich im britischen Museum, die andere, etwa ein Centner schwer, fast in Halbkugelgestalt, ist in meiner Sammlung; wenige kleinere Exemplare sind in zerstreuten Händen). Dieses in seiner Art sehr eigenthümlich zusammengesetzte Meteoreisen ist auf den ersten Blick ganz ohne Widmannstätten. Es bietet auf polirten und geätzten Flächen eine wirre Zeichnung von eingesprengten Körnern, Strichen, trüben und schimmernden Flecken und glänzenden Punkten dar, in denen sich zurecht zu finden vorerst kaum möglich scheint. Aber in den zartesten grofsen Zügen geht durch das Ganze ein Hauch von feinsten geraden parallelen Linien hindurch, ganz und gar ähnlich denen von Hauptmannsdorf, das gesammte Eisen durchsetzend und unter spitzigen Winkeln durchkreuzt von andern geraden, auch wieder unter sich parallelen Linien. Die ganze Erscheinung ist hier noch zarter ausgeprägt als dort, und dennoch giebt es Stellen am Rande, wo sich das Eisen in der Richtung solcher Linien abblättert und dort den Meteoriten mit Widmannstätten wieder nahe rückt. Und auch hier findet man zerstreute kleine Inseln, die mit feinem Bandeisen umfangen winzige Fleckchen von grauem Fülleisen einschliefsen. Wiederum also haben wir einen Meteoriten, der nur Ein Krystallindividuum ausmacht und der in seiner Masse weitaus nur aus Balkeneisen besteht.

So sehen wir, dafs auch *Eisenmeteoriten ohne Widmannstätten nicht nur nicht ohne Balkeneisen sind, sondern dafs sie fast ihrer ganzen Masse nach daraus bestehen*, soweit

wir diefs aus den bis jetzt vorhandenen Meteoriten bis heute beurtheilen können.

Von den grofsen Eisenmassen wenden wir uns jetzt zu den kleinen, zu denjenigen nämlich, welche wir in den *Steinmeteoriten* vorfinden, deren Masse weniger aus Eisen, dagegen überwiegend aus Stein besteht. Vielmals habe ich gezeigt, dafs die Eisenmeteoriten und Steinmeteoriten nicht zwei, sondern nur Eine Reihe von Naturgebilden ausmachen, unter sich übereinstimmend in allen hier in Betracht kommenden naturhistorischen Eigenschaften, verschieden nur dem Grade derselben nach. Demgemäfs enthalten auch die Steinmeteoriten in abnehmender Menge Eisenantheile, und dem vorangestellten Principe gemäfs ist man zu der Erwartung berechtigt, auch in diesen Verschiedenheiten vorzufinden, wie sie die Eisenmeteoriten uns bis hieher gezeigt haben. In dieser Richtung habe ich viele umständliche Untersuchungen angestellt. Zuerst habe ich ein gröfseres Eisenkorn, das ich aus dem Steinmeteoriten von *Blansko* heraussonderte, und das ungefähr einer Linse an Gröfse gleichkömmt, angeschliffen, polirt und geätzt. Sogleich kam eine Eisenart zum Vorschein, welche lichtgrau, starke gekreuzte Schraffirungen annehmend und die vorwaltende Menge ausmachend, sich nach allen Merkmalen als das zu erkennen gab, was wir hier verhandeln, als die lichtgraue stabartige Eisenart der Eisenmeteoriten. In dasselbe eingelagert waren, ebenso wie in den Widmannstätten, andere Eisenverbindungen, von welchen wir in Bälde ihres Orts reden werden. — Auf *Hainholz* fand ich nach dem Aetzen kleiner Knöllchen mit dem Suchglase sehr deutlich die verschiedenen Elemente der Widmannstätten, wie diefs zum Theil auch schon Hr. Wöhler bemerkt hatte[1]). Das lichtgraue schraffirte Balkeneisen nahm auch hier den meisten Raum ein. Es war auf den gröfsern Körnern so deutlich ausgebildet, dafs man es mit blofsem Auge wechselleuchten sah. Ich habe in der zweiten dieser Abhandlungen[2]) gezeigt, dafs

1) Diese Ann. Bd. 100, S. 343.
2) Diese Ann. Bd. 102, S. 618.

in *Hainholz* eigenthümliche Eisenkugeln als Meteoriten im Meteoriten vorkommen, ich habe diese besonders untersucht. Angeschliffen und geätzt enthielten auch sie die Bestandtheile der Widmannstätten, und vor allem vorwaltend das lichtgraue schraffirte, wechselleuchtende Balkeneisen, wie es in den Widmannstätten stabartige Ausdehnung hat. — Ein drittes Eisenkorn richtete ich aus *l'Aigle* zurecht; es war etwas kleiner als das Korn von Blansko, und mit den übrigen Eisenpartikeln dieses Steines gleichartig. Beim Aetzen entblöfste sich, wie bei beiden Vorangehenden, hauptsächlich das lichtgraue schraffirte balkenartig vorkommende Eisen. — Zwei Körner fand ich auf *Piney* (Little Piney), die sich poliren und ätzen liefsen; sie zeigten sich unter dem Suchglase ebenso mit schraffirtem Balkeneisen vorwaltend besetzt, wie Körnchen in *Siena*, dann in *Timochin*, in *Chantonnay*, in *Seras* und in *Barbotan*, endlich die feinen Eisenstricke von *Wesely* und *Erxleben*. Alle diese Meteoriten zeigten in ihren etwas stärkern Eisentheilen entweder alle Elemente der Widmannstätten, oder nur einige, darunter vor allem das lichtgraue schraffirte Balkeneisen, oder, wenn die Partikeln sehr klein waren, wie in Timochin und Erxleben, fast ausschliefslich nur dieses.

Endlich überfuhr ich noch die *ganze polirte Fläche eisenhaltiger Steinmeteoriten* mit verdünnter Säure. Ich suchte die eisenreichern heraus, darunter namentlich *Hainholz*, der über die Hälfte aus Eisen besteht, und dessen Oberfläche nach der Politur über und über von geglätteten Eisenkörnchen blinkt. Ich will von ihm hier im Namen aller übrigen reden. Die Säure hatte wieder die Wirkung, allen diesen kleinen Eisenfleckchen sogleich ihren Glanz zu rauben, sie lichtgrau zu machen, Schraffirung auf ihnen allen hervorzurufen, und Wechselleuchten auf ihnen zu erzeugen. Diefs ist nicht so zu verstehen, als ob das Changiren innerhalb der angeätzten Eisenkörnchen stattgefunden hätte, wie bei gröfsern Eisenmassen; sondern es fand diefs von den ganzen Körnchen gegeneinander und untereinander statt, je nachdem man die Steinfläche gegen das Licht drehte, tra-

ten dutzende von Eisenfleckchen in Wiederschein, andere dutzende und hundert verloren ihn und wurden dunkel, ähnlich dem Avanturin oder dem bekannten Moiré und so fort und fort, wie man die Fläche anders gegen das Licht stellte. Offenbar waren diefs lauter entblöfste kleine Flächen von lichtgrauem Balkeneisen, und wir sind berechtigt, da wo *das Eisen in den Steinmeteoriten* in gewöhnlicher Vertheilung und Zerstreuung vorkömmt, mit Ausnahme dickerer Eisenknöllchen, es so gut wie *gänzlich als Balkeneisen zu betrachten.* Es liegt darin eine neue Bestätigung des oben der Erfahrung entnommenen Satzes, dafs das *Balkeneisen überall die erste Auflagerung auf steinige Meteoritensubstanz macht*; in den Steinmeteoriten beherrscht es gänzlich den engen wenigen Raum, der ihm zu seinem Antheile geblieben.

Wir haben nun in Vorstehendem gefunden, dafs sich befindet:

in der *Pallasgruppe* lichtgraues krummschaaliges knolliges . . . . Balkeneisen;
in *Steinbach* lichtgraues krummschaaliges knolliges . . . . Balkeneisen;
und daneben lichtgraues geradliniges Balkeneisen;
in der *Widmannstättengruppe* lichtgraues geradliniges . . . . Balkeneisen;
bei *Cosby und Seeläsgen* lichtgraues knotiges . . . . Balkeneisen;
in den unter Störungen ausgebildeten Widmannstätten alle zufälligen Einschlüsse umhüllendes krummliniges . . . . . . Balkeneisen;
in Hauptmannsdorf und Clairborne feine Massen von geradlinigem . . . . . . Balkeneisen;
in den Eisenknollen der Steinmeteoriten unregelmäfsig gedrängtes . . . . Balkeneisen;
in dem zerstreuten sämmtlichen Eisen der Steinmeteoriten unbestimmbar gestaltetes lichtgraues . . . . Balkeneisen;

und somit langen wir bei dem allgemeinen Ergebnisse an,

dafs *das metallische Eisen aller Meteoriten ohne Ausnahme, seyen es Stein- oder Eisenmeteoriten, zum gröfseren Theile aus dem lichtgrauen Balkeneisen besteht*, das eine vorragende Stelle in dem Bestande der Meteoriten einnimmt.

Ich habe mich, wie man sieht, des *Ausdrucks Balkeneisen* bedient, sozusagen für meinen Hausgebrauch; man kann ihn fallen lassen, wenn er nicht tauglich gefunden werden sollte. Für den allgemeinen wissenschaftlichen Gebrauch schlage ich das Wort »*Kamacit*« vor, abgeleitet von *καμαξ*, Stange, Stab, Pfahl.

Die Art, wie das Balkeneisen in vielen, vielleicht in allen Fällen vorkommt, zeigt noch manches Bemerkenswerthe. Wo zwei Stäbe sich begegnen, gehen sie nicht in einander über, sondern sie stören einander auf der Kreuzungsstelle. Jeder behauptet seine Selbstständigkeit und dadurch entsteht eine Art von Conflikt, indem beide in ihrer Entwicklung sich zum gegenseitigen Hindernisse werden. Das erste ist, dafs der Stab, der auf der längern Seite getroffen wird, sich etwas einbuchtet und auf der Berührungsstelle ein wenig schmäler wird, sowie wenn er einem Drucke da nachgeben würde. Der andere Stab, der mit der kurzen Seite auf jenen andringt, sozusagen mit dem Kopfe ihn in die Seite stöfst, ändert ebenfalls auf der Berührungsstelle seine Gestalt, er zieht sich von den Seiten zusammen und endigt stumpf, ja abgerundet. Viele Stäbe oder Stangen von Balkeneisen (Kamacit) sieht man auf solche Weise abgebrochen. Auf der Stelle des Zusammenstofses ist dann gewöhnlich Bandeisen sehr fein interponirt, was in *Lenarto* gut sichtbar wird. Nicht wenige, ja wohl die gröfsere Anzahl, endigt jedoch hiebei nicht, sondern sie setzen fort und kommen jenseits des angefahrenen Stabes wieder zum Vorscheine, und zwar in gleicher Weise aus einer Einbuchtung des Letzteren stumpf hervortretend. Das wiederholt sich mit einem und demselben Querstabe oft viele Male gegen zahlreiche Längenstäbe, denen er begegnet. Das Ganze bekommt dadurch gewöhnlich eine Art von wurstartigem An-

sehen. Die Skizze Fig. 9 Taf. II wird diefs in vergröfsertem Maafsstabe deutlich machen.

Diese Fälle bieten sich zahlreich dar in *Agram*, *Lenarto*, *Madoc*, *Texas*, *Lokport*, *Tula*, *Burlington*, *Bemdego*, *Elbogen*, *Sta. Rosa*, *Haxuquilla*, *Guildfort*, *Charlotte*, *Schwetz*, *Misteca*, *Carthago*, *Ruff*, *Bohumiliz*, *Orangeflufs*, *Tejupilco*, *Seneca*, *Durango*, *Nebrasca* und vielen andern Ob nun diese Unterbrechung eine wirkliche und gänzliche sey, und der Querstab vollständig abgerissen, hinter dem Längenstab aufs Neue beginne; oder aber, ob die Trennung nur eine scheinbare, blofs in den Schnitt fallende sey, und ein Zusammenhang über oder unter der Schnittfläche stattfinde, dafs also der Querstab wie der Längenstab, jeder in Continuität, seinen Weg fortsetze, also nur theilweise Unterbrechung beider auf der Kreuzungsstelle stattfinde, ähnlich verzinkten Holzbrettern, diefs zu beantworten, stehen mir nicht genug Beobachtungen zu Gebote, und die Frage wird so lange unentschieden bleiben müssen, bis es gelingt, einen Eisenmeteoriten in seine mechanischen Bestandtheile zu zerlegen Diefs wird wohl auch einmal geschehen. Den Anfang dazu haben wir an *Cosby*, das theilweise in Bröckeln zerfallen ist, dann an *Sevier* und *Ashville*, die auseinander gehen, endlich sehr schön an einem Stück von *Caille*, das im kais. Kabinet in Wien liegt und das Gelegenheit zu interessanten Studien bietet, die noch nicht daran gemacht sind.

Wir haben gesehen, dafs die *Richtung* des Balkeneisens entweder durchweg gekrümmt ist, wie in der Pallasgruppe, oder dafs sie vollkommen gerade sich erstreckt, wie in *Putnam*, *Löwenflufs*, *Tazewell* und einigen andern. Zwischen diesen beiden Aeufsersten liegt aber eine lange Reihe von Zwischengliedern, deren Stäbe, in der Hauptsache gerade gerichtet, doch auf ihren Oberflächen keine reine Ebenen bilden, sondern mehr oder minder wellig, mitunter fast knotig ausgeführt sind. Beispiele in zunehmend wulstigerer Form sind *Lokport*, *Sta. Rosa*, *Burlington*, *Bohumiliz*, *Bemdego*, *Tula*, *Blackmountains*, *Bruce*, *Cosby*, *Seeläsgen*. In

dem Ersteren sieht man auf einem geätzten Schnitte die Conturen der Balken deutlich von der geraden Linie abweichen und ungleichförmig wellig werden, während der ganze Balken seiner Hauptrichtung nach doch in gerader Linie verläuft. Die mittlern Glieder werden schon unruhig und wankend. Die beiden letzten Glieder, besonders aber Seeläsgen verlieren beinahe die Haltung, ihre Balken werden wulstig, ja knotig und kaum vermag man ihrer Richtung mit schwankender Zuversicht zu folgen. In den Fällen aber, wo Balkeneisen sich um unbestimmte Körper windet, welche in die Widmannstätten zufällig hineingerathen sind, ist nicht nur die untere Fläche an die Oberfläche des überlagerten Körpers gebunden, sondern auch die obere, äufsere Fläche erscheint ganz regellos wulstig und buchtig, anscheinend selbst von der Gestalt des Einschlufskörpers gänzlich emancipirt. Will man einen Meteoriten sehen, in welchem sowohl diese wulstige Erscheinung als auch die Auflagerung das Balkeneisen besonders schön entwickelt ist, so mufs man sich an *Zacatecas* wenden. Da sieht man die reichlich eingelagerten Magnetkiese allenthalben in Balkeneisen rundum eingehüllt, nach allen Richtungen eingelagert, und die äufsere vom Kiese abgekehrte Oberfläche des Balkeneisens in allen möglichen Wulsten und Ausbuchtungen sich ausgestalten. Ein grofses Stück von Zacatecas von etwa 12 Pfund in meiner Sammlung, das ich nach drei Richtungen in fünf Theile zerschneiden liefs, habe ich in verschiedener Stärke angeätzt und betrachtete die gewonnenen Figuren als ein Vorbild von wohlentwickelten Balkeneisengestalten in genannten beiden Richtungen.

Wenn man das Balkeneisen, — den Kamacit — unter das Mikroskop oder auch nur unter die Lupe nimmt, ja manchmal nur mit einem guten Auge scharf betrachtet, so verräth es, nächst den feinen Linien seines Blätterdurchganges, noch eine andere verborgene Bildungsform, die mit jener beinahe im Widerspruche zu stehen scheint. Es treten auf seiner geätzten Oberfläche *eine Menge zartester kurzer Linien* auf, die nach allen Richtungen die Schraffirung

durchsetzen und sich zu einem Netzwerk verbinden, das dem Zellgewebe einer Pflanzenmembran oder des Blattparenchyms nicht gar unähnlich aussieht. Die kleinen Räume, welche diese Linien einschliefsen, sind unter sich ungleicher von Gröfse und unregelmäfsiger von Form als die Pflanzenzellen, sonst aber kommen sie ihnen im Ansehen ziemlich nahe. Diese Linien entsprechen äufserst feinen Absonderungsspalten, welche in das Balkeneisen hineingehen und dasselbe in unzählig viele Partikelchen abtheilen. Der gesammte Kamacit verräth sich dadurch als ein Aggregat von zahllosen kleinen Körperchen oder Eisenkörnchen, die, könnte man sie von einander losmachen, ihn in einen feinen körnigen Sand auflösen würden. Die Zeichnung Fig. 10 Taf. II wird diefs in Vergröfserung verständlich machen.

Die Körnchen sind von der Gröfse eines Vanillekörnchens bis zu der des Mohnsamens, manche auch noch etwas gröfser. Sie sind vieleckig, ohne dafs den Polyedern eine bestimmte Form zukäme. Sie stören die Richtung der Schraffirungslinien nicht immer, sondern diese setzen in vielen Fällen ungestört über sie hinweg von einem Korne auf das andere in ungebeugter gerader Linie; diefs sieht man sehr deutlich in vielen Exemplaren von *Cosby*, dann in *Brahin*, *Pallas*, *Sarepta*, *Sevier*, *Xiquipilco*, *Atacama*, *Seneca*. In andern Fällen, besonders wenn die Körnchen etwas grofs sind, zeigt jedes einzelne seine eigene und eigens gerichtete Schraffirung, so dafs die ganze Eisenfläche vollkommen das wechselleuchtende Ansehen des Moiré in kleinem Maafsstabe erhält. Beispiele hiervon geben am schönsten ausgesprochen *Ruff* und *Seneca*, in welchen das Moiré mit den Körnchen zusammenfällt; ihnen folgen, minder klar ausgebildet, *Lokport*, *Burlington* u. m. a. — Inmitten dieser beiderlei Gebilde liegen einige, bei denen ich es unentschieden lassen mufste, ob die Kamacitkörnchen der allgemeinen Schraffirung angehören oder ob sie einzeln mit selbstständigen Linien derselben versehen sind, dergleichen sind *Madoc*, *Agram*, *Texas*.

Am genauesten verfolgt habe ich diese *Körnung des Bal-*

keneisens in *Cosby*. Stücke dieses Eisenmeteoriten sind so sehr in ihrer ganzen Masse gelockert und durchklüftet, dafs sie, wenn man nur schwache Hammerschläge darauf fallen läfst, in eine Art von Eisengrus zerfallen, der aus vieleckigen Bröckeln und Körnern besteht, alle mit einem dünnen Anfluge von Eisenoxydul überzogen. Solcher Grus ist reichlich aus Cocke County nach Europa herübergekommen und auch mir eine gute Menge davon zu Theil geworden. Er verdankt seine Entstehung augenscheinlich der Zerklüftung, die mit seiner feinen körnigen Vertheilung verbunden ist; denn wenn man einzelne Bröckchen weiter nur auf einer hölzernen Unterlage anschlägt, so zerfallen viele davon, ohne Anwendung von Gewalt, in weitere kleinere Theile, und wenn man geschickt weiter so fortführe, möchte es wohl gelingen, das Balkeneisen ganz in seine letzten Individuen von Körnchen aufzulösen.

Von diesem Gruse nun habe ich viele einzelne Körner ausgelesen und sie nach allen Richtungen und unter mancherlei Abänderungen angeschliffen, polirt und geätzt. Ueberall erhielt ich Schraffirung des Blätterdurchganges, und das Netz der Absonderungslinien der Körnung. Hier zeigte sich diefs so deutlich, dafs ich es in den meisten Fällen mit freiem Auge wahrnehmen konnte. Die Erscheinung war aber nach allen Seiten immer dieselbe; mochte ich die Körnchen, wo sie sichtlich aus Balkenfragmenten bestanden, von oben, von den Seiten, oder (rücksichtlich) von unten schleifen und ätzen, immer erhielt ich Schraffirung über die ganze Schliffläche und diese landkartenartig in eine Menge Felder durch Trennungslinien untertheilt. Daraus folgt, dafs die Körnchen von allen Seiten gleiche Beschaffenheit haben, keine vorzugsweise Längenrichtung besitzen, und demnach in aller That wirkliche Körnchen sind. Ihr Zusammenhang unter einander mufs bei Cosby im Verhältnisse zu andern Meteoriten vorzugsweise schwach seyn, und daher rührt der theilweise lockere Zusammenhang dieser Eisenmasse, die ohnehin fast ganz aus Balkeneisen besteht. Nur Eine Lokalität wüfste ich in dieser Eigenschaft ihm noch zur Seite

zu setzen, und diefs ist sein Nachbar *Sevier*. Auch dieser zerbröckelt sich gerne, und seine Landsleute in Amerika haben deswegen mehrfältig die Meinung ausgesprochen, dafs Cosby und Sevier Theilstücke eines und desselben Meteors seyn müssen; diefs ist aber ganz irrig, diese beiden Meteoriten sind mechanisch und chemisch grundverschieden, was ich bei einer spätern Gelegenheit genau darthun werde.

In wie weit diese Beschaffenheit körniger Struktur durch die ganze Erscheinung aller Meteoriten, die metallisches Eisen enthalten, hindurchlaufe, getraue ich mir vordersamst nicht zu beurtheilen. Am deutlichsten ist sie in Cosby ausgesprochen und deswegen habe ich sie auch hier am emsigsten verfolgt. Sie nimmt in den andern Gliedern an Deutlichkeit ab, so in *Bata*, *Schwetz*, *Orangeflufs*; ja an einem und demselben Meteoriten ist sie bisweilen auf einer Seite deutlicher ausgeprägt als auf der andern, z. B. in *Nelson*; allmählich wird sie in der Reihe schwach und am Ende gar nicht mehr sichtbar. Solche, in denen ich keine Körnertheilung wahrzunehmen vermochte, sind *Arwa*, *Hauptmannsdorf*, *Claiborne*, *Bemdego*, *Nebraska*, *Charlotte*, *Bohumiliz*, *Seeläsgen*, *Tula*, *Putnam*, *Bruce*, *Sta. Rosa*, *Caryfort*, *Durango*, *Carthago*; doch weifs ich nicht mit Sicherheit, verschwinden die Theilungslinien der Körnchen nur dem Auge, also scheinbar, oder verschwinden sie in der Wirklichkeit. Ich bin sehr versucht zu vermuthen, dafs alles Balkeneisen auf solche Weise feinkörnig zusammengesetzt ist, weil es sich zeigt, dafs innere tiefliegende Grundgesetze überall durch die ganze Meteoritenwelt gleichmäfsig hindurchgehen, und dafs wahrscheinlich die Trennungslinien so zart werden, dafs ich sie mit den bisher angewandten Mitteln nicht mehr erreichen konnte. Ein anderer Forscher wird vielleicht die Lücke ausfüllen. — Das Schwierigste aber wird von dieser Seite immerhin bleiben, die Schraffirung, d. h. den Blätterdurchgang der grofsen Kamacitkrystalle in genetischen Einklang zu bringen mit ihrer Feinkörnigkeit. Wären die Körner feiner als die Schraffirung, so wäre die Erklärung leicht und die Körner wären in den

Blättern enthalten, sie wären eine etwas eigenthümliche Unterabtheilung der Krystallblätter. Diefs ist aber nicht der Fall; die Schraffirungen sind im Gegentheil viel feiner als die Körnchen und über ein einzelnes Korn streichen oftmals zugleich 4 bis 6 Linien, und wohl noch mehr hinweg.

Die *chemische Beschaffenheit* des Balkeneisens aufzusuchen, wäre ein verdienstliches Geschäft. Es könnte sich herausstellen, dafs es, reingehalten, in allen Meteoriten eine und dieselbe Verbindung, überall die nämliche chemische Potenz wäre. Wenn sich diefs, wie nicht ganz unwahrscheinlich, als richtig ergäbe, so wären wir um einen grofsen Schritt in der Meteoritenkunde vorwärts gerückt. Als ich den Eisengrus von Cosby durchmusterte, glaubte ich darin gute Gelegenheit gefunden zu haben, reinen Kamacit herauszulesen und ihn abgesondert analysiren zu können. Ich fing an ihn zu waschen und zu reinigen. Allein es stiefsen mir so viele Verschiedenheiten unter diesen Körnern auf, dafs ich Bedenken tragen mufste, darunter Balkeneisen zu erkennen, das zur Analyse unverdächtig und rein genug gewesen wäre. Und so bleibt die wichtige Frage von der chemischen Constitution dieses nähern Bestandtheils der Meteoriten dahingestellt bis es gelungen seyn wird, reines Balkeneisen aus einigen Eisenmassen mechanisch herauszupräpariren und der Analyse zu unterwerfen. Wir haben es bis jetzt nur immer mit Schnitten und Flächen zu thun; zu den chemischen Arbeiten bedürfen wir körperliche Herstellung der nähern Bestandtheile des Meteoriten und diese fehlen uns noch grofsentheils.

Im Rückblicke auf das Voranstehende können wir seinen Inhalt in die folgenden Sätze zusammenfassen:

1) Das Meteoreisen zerfällt mechanisch in mehrerlei metallische Eisenverbindungen, Nickel, Kobalt und andere Metalle enthaltend.

2) Durch Anlauf und durch Aetzung mit Säuren werden sie auf polirter Schnittfläche sichtbar.

3) Es fallen vorzugsweise drei von ihnen in die Augen,

und bilden, in einem gewissen Connexe stehend, eine Art von Trias.

4) Das vorwaltendste Glied in dieser ist ein lichtgraues Eisen, in stabartigen Krystallbildungen entwickelt, Balkeneisen oder Kamacit genannt. Auf diefs legt sich in der Auflagerungsfolge dünnes isabellfarbiges Bandeisen und über diesem erscheint das den übrigen Raum einnehmende Fülleisen. Aus diesen drei Gliedern besteht die Trias.

5) Das Balkeneisen (hier allein betrachtet), entwickelt bei der Aetzung Linien des parallelen geradlinigen Blätterdurchganges in Folge seiner krystallinischen Textur.

6) Die geätzten Metallflächen werden den Feilenhieben einer feinen Stahlfeile oder feinen Schraffirungen von Metallplatten ähnlich.

7) Sie erscheinen sich kreuzend in mehreren Systemen und wechselleuchten dann in verschiedenen Richtungen gegen das Licht.

8) Krystallindividuen, denen sie zugehören, sind bald durcheinander verflochten, bald zu Zwillingskrystallen ineinander verwachsen.

9) Das Balkeneisen (der Kamacit) ist in verschiedenen Meteoriten nach variabeln Formen ausgeprägt.

A. Wo es eine Unterlage findet, auf welche es sich aufkrystallisiren kann, folgt es derselben und schmiegt sich ihr und allen ihren Winkeln an; auf der entgegengesetzten, der nach aufsen gekehrten, Fläche wird es dann wulstig und knollig.

B. Wo es keine Unterlage gefunden, sondern sich frei und ungehindert im Weltraume gebildet hat, da hat es sich zu geraden stangenartigen langen krystallinischen Körpern ausgestreckt, die schon in der Länge von einem Fufse bei Breite von einem Zolle und Dicke von 1 bis 2 Linien beobachtet worden sind. Sie sind dann fast immer mit den andern Eisenarten zur Trias verkoppelt und in vielfachen

Wiederholungen der letztern zu gröfsern Massen vereint, wie z. B. in Bemdego zu einem Klumpen von 170 Centnern.

C. Wo der Raum ganz enge ist, sieht man das Balkeneisen allein erscheinen.

Der Fall *A* findet statt bei der gesammten Pallasgruppe, wo das Balkeneisen sich lediglich auf rundliche Olivine auflagert, ihrer sphärischen Form bis in die Winkelspitzen folgt und sogenannte Fortifikationslinien bildet, überhaupt nach unregelmäfsig krummen Linien ausgeführt ist. Er findet ferner statt, wo in Meteoriten von der Widmannstättengruppe zufällig fremde Körper sich eingelagert haben; auf sie hat sich Kamacit aufkrystallisirt und sie eingehüllt, zusammen sind sie sofort in die ganze Meteoreisenmasse eingewachsen.

Der Fall *B* findet statt in allen grofsen und kleinen Meteoriten der gesammten Gruppe der Widmannstätten. Theilweise tritt er in der Pallasgruppe auf, namentlich in Steinbach. Er findet sich aber auch in den eigenthümlichen Gebilden von Hauptmannsdorf und Claiborne, die fast ganz aus Kamacit bestehen.

Der Fall *C* tritt ein bei dem Eisenantheile aller Steinmeteoriten. Hier und da darin vorfindliche kleine Eisenknöllchen erweisen sich als der Trias unterworfen, so Blansko, Wenden, l'Aigle; aber der bei weitem gröfste Antheil des Metallinhalts der Steinmeteoriten besteht lediglich aus Balkeneisen.

10) Die Balken des Kamacits kreuzen sich unter Winkeln, die dem Oktaëder entsprechen; wo sie aber auf einander treffen, vereinigen sie sich nicht, sondern sie biegen sich gegeneinander ein und nehmen damit häufig ein wurstförmiges Aussehen an.

11) Das Balkeneisen zeigt sich in vielen Meteoriten, und besitzt muthmafslich in allen eine feine Untertheilung zum Körnigen. Fast mikroskopisch feine Linien und Schnittflächen durchziehen netzartig den ganzen Körper, ja einige beginnen schon in der Richtung dieser

Zertheilung sich zu lösen und in Eisengrus zu zerfallen.

(Auseinandersetzungen über die beiden andern Glieder der Trias folgen.)

VI. *Das Elektro-Galvanometer; vom Inspector Meyerstein in Göttingen.*

Die mannichfachen Mifsstände, welche dem mit astatischen Doppelnadeln experimentirenden Physiker sich entgegenstellen, haben schon seit Jahren das Bedürfnifs fühlbar gemacht, entweder die noch immer von der Erfahrung abweichende Theorie dieses Instrumentes zu verbessern oder ihm ein anderes empfindliches Galvanometer zu substituiren.

Ueber ein solches neues Galvanometer, Elektro-Galvanometer genannt, ist vor Kurzem eine längere Mittheilung andern Orts [1]) von Hrn. Prof. Meifsner und mir gemacht worden. Da jedoch fast gleichzeitig eine in diesen Annalen Bd. CXII, Stück 1 veröffentlichte Untersuchung von du Bois-Reymond, welche die grofse Complication der Theorie und somit die fast unüberwindlichen Schwierigkeiten der Darstellung hinlänglich empfindlicher astatischer Doppelnadeln in ein helles Licht stellt, die Leser der Annalen auf diesen Punkt aufmerksam gemacht hat, so veranlafste mich diefs, das Wesentlichste über das neue Galvanometer auch hier mitzutheilen.

Die Empfindlichkeit einer Nadel wird durch die Gröfse des Ablenkungswinkels Q gemessen, den ein bestimmter Strom hervorbringt; nun ist aber bekanntlich die Tangente des Ablenkungswinkels Q gleich dem Verhältnisse der galvanischen Directionskraft G zu der magnetischen Directionskraft D, also:

$$\frac{G}{D} = \tang Q.$$

1) Henle und Pfeufer, Zeitschrift 3. Reihe, Bd. 11.

Es mufs daher, um tang Q möglichst grofs zu erhalten, die magnetische Directionskraft möglichst verkleinert werden. Bezeichnen wir mit m den Nadelmagnetismus und mit T den Erdmagnetismus, so ist

$$D = Tm.$$

Man kann also D auf zweifache Weise verkleinern:

1) Durch Verkleinerung des Nadelmagnetismus; dieses führt zu der bekannten Verbindung zweier möglichst gleicher Magnetnadeln, welche mit ihren entgegengesetzten Polen über einander liegen, also zu dem sogenannten Nobili'schen Multiplicator.

2) Durch Verkleinerung des Erdmagnetismus T, was sich durch einen dem Erdmagnetismus entgegenwirkenden Magnet erreichen läfst.

Diese letztere bis jetzt nur wenig berücksichtigte Methode, welche vor der ersteren, wie sich später ergiebt, wesentliche Vortheile darbietet, wurde in der nachstehenden Weise zuerst von Hrn. Prof. Weber angewendet. Auf ihr beruht das hier zu beschreibende Instrument, welches Elektro-Galvanometer genannt werden mag, indem es sowohl zur Messung der Spannungs-Elektricität, als auch zur Messung der schwächsten galvanischen Ströme ein durchaus feines Mittel bietet.

Beschreibung des Instrumentes.

In den Figuren 3 und 4 stellt *AA* eine mit 3 Fufsschrauben versehene Holzplatte dar, in welche, Fig. 4 von oben betrachtet, zwei flache Streifen von Messing *aa*, eingelassen und zum Tragen eines kreisförmigen oder elliptischen Multiplicators *M* bestimmt sind. An den gegenüberliegenden Seitenwänden des Multiplicators, zwischen welchen der Draht gewickelt ist, sind zwei Metallzapfen *zz* (isolirt von den Seitenwänden) befestigt und mit dem einen Zapfen ist der Anfang, mit dem andern das Ende des Multiplicatordrahts metallisch verbunden. Mit diesen beiden Zapfen wird der Multiplicator in die beiden *y* artig ausgearbeiteten Vorsprünge der beiden Streifen *aa* gelegt, welche demnach die Fortsetzung des Multiplicatordrahts bilden. Es

geht hieraus hervor, dafs man, je nach der Art der beabsichtigten Untersuchung (es sey zu physiologischen oder physikalischen Zwecken) mit Leichtigkeit Multiplicatoren mit verschieden feinem Drahte, mit mehr oder weniger Umwindungen einlegen kann. An dem einen Ende eines sehr leicht gearbeiteten Bügels *B* von Messing ist eine feine englische Nähnadel befestigt, auf welche der schwingende Magnet Fig. 5 mit der feinen Durchbohrung gesteckt wird. Nach Weber's Vorgange erhält dieser Magnet die Form eines Ringes; der unwirksamere Theil des Magnets, nämlich die Mitte, ist bei der Ringform entfernt und man erhält auf diese Weise im Verhältnifs zur Masse kräftigere Magnete. Ein solcher ringförmiger Magnet kann als zwei mit den gleichnamigen Polen auf einander gelegte Magnete betrachtet werden. Statt eines kreisförmigen Ringes kann auch ein elliptischer Ring bei entsprechender Form des Multiplicators gewählt werden Fig. 6. Die wirksamen Theile des Magnets können dabei in gröfserer Ausdehnung den Windungen möglichst nahe gebracht werden. Das andere Ende des Bügels trägt eine kleine Hülse, durch welche ein Zapfen, welcher sich an der Spiegelfassung *S* befindet, mittelst einer Schraubenmutter an den Bügel in jedem Azimuth festgestellt werden kann. An dem obern Theile der Spiegelfassung ist ein kleines Schiffchen *s* festgeschraubt, welches zur Aufnahme einer Axe dient, die an einem, zur Aufhängung bestimmten Coconfaden befestigt ist. An dem an der Fufsplatte befestigten Träger *T* ist eine Schraube angebracht, an welche das andere Ende des Coconfadens geknüpft ist und mittelst welcher man die Höhe des auf die Nadel des Bügels gesteckten Ringmagnets so lange reguliren kann, bis derselbe in der Mitte des Multiplicators schwingt, ohne den Aufhängungspunkt dadurch zu verrücken. Dieses ist dieselbe Vorrichtung wie sie in den »Resultaten des magnetischen Vereins« 1839 beschrieben ist.

Aus dem bishergesagten erkennt man ein Unifilar-Magnetometer, welches mit einem Multiplicator versehen ist und an welchem man mit einem Fernrohre und Scale, in be-

kannter Weise, beobachten kann. Um nun dieses Instrument für die Messung schwacher elektrischer oder galvanischer Ströme möglichst empfindlich zu machen, legt man nach Weber oben auf das Gestell einen Magnet *so* auf, dafs dessen Pole dieselbe Lage haben wie die des schwingenden Ringmagnets, also Nord über Nord. Dieser Magnet hat nun das Bestreben, den schwingenden Magnet um seine Aufhängungsaxe zu drehen, welchem die erdmagnetische Kraft entgegenwirkt; es wird also durch den aufgelegten Magnet die locale erdmagnetische Kraft, folglich auch die Directionskraft des schwingenden Magnets, verkleinert. Die Stärke des aufzulegenden Magnets hängt ab:

1) Von der beabsichtigten Verkleinerung der Directionskraft.
2) Von der Entfernung desselben von dem schwingenden Magnete.
3) Von der Stärke des localen Erdmagnetismus.

Bei der Anwendung dieser Methode, eine Nadel astatisch zu machen und einen jeden Grad der Empfindlichkeit derselben herzustellen, dessen Kenntnifs man sich durch die Beobachtung der Schwingungsdauer der Nadel verschafft, mufs der Hülfsstab ziemlich kräftig seyn. Befestigt man nun oben auf dem Gestelle einen verticalen Maafsstab *m*, über welchen sich eine Hülse schiebt, die den Hülfsstab trägt, so wird man, indem der Hülfsstab der schwingenden Nadel genähert wird, die Schwingungsdauer derselben vergröfsern; man kann also durch eine allmähliche Verschiebung desselben einen jeden Grad der Empfindlichkeit erreichen. Da nun aber, wie schon gesagt, der Hülfsstab ziemlich kräftig seyn mufs, so bringt eine kleine Verschiebung schon eine erhebliche Veränderung der Schwingungsdauer hervor und so war z. B. bei einem bestimmten Instrumente[1]) die Schwingungsdauer der Nadel *ohne* Hülfsstab = 4″0, wurde der Hülfsstab auf:

300^{mm} verticalen Abstand von der Nadel gebracht,
so erhielt man . . . . 11″5,

1) Im physiologischen Institute zu Göttingen.

290^{mm} verticalen Abstand von der Nadel gebracht,
so erhielt man . . . . 18″5,
285^{mm} verticalen Abstand von der Nadel gebracht,
so erhielt man . . . . 40″5

und wenn der Hülfsstab noch um 5^{mm} näher gebracht wurde, so drehte sich die schwingende Nadel um 180°. Um nun diese geringe Verschiebung zu vermeiden, wurde der Hülfsstab (der mit I bezeichnet werden soll) auf 300^{mm} festgestellt und auf demselben Maafsstabe noch ein Schieber angebracht, der einen ganz kleinen Magnet trägt, dessen Pole dieselbe Lage haben wie die des Stabes I. Mit einem so schwachen Magnete kann man mit Leichtigkeit eine jede Schwingungsdauer hervorbringen, ohne nöthig zu haben in der Verschiebung so vorsichtig zu seyn.

Liefs man den Hülfsstab I stets auf 300 und brachte den Hülfsstab II auf 270, so war die Schwingungsdauer 18″0,
» II » 265, » » » » 22″25,
» II » 255, » » » » 29″0.

Würde aber für gewisse Versuche die Schwingungsdauer bei Anwendung des einen Hülfsstabes I allein, der auf 300 gestellt 11″5 gab, zu grofs seyn, so kann man den Hülfsstab II von dessen Stärke die Verkleinerung der Schwingungsdauer abhängt, mit entgegengesetzten Polen einlegen.

Man erhielt bei diesem Instrumente, wenn der Stab II mit entgegengesetzten Polen eingelegt wurde, die Schwingungsdauer, wenn:

I auf 300 und II auf 215 lag, nur 6″5,
I » 300 » II » 270 » » 8″0.

Zur Berichtigung des Instrumentes ist es nothwendig, den verticalen Maafsstab um eine Axe drehen zu können, welche mit der Aufhängung der Nadel zusammenfällt; diese Drehung läfst sich vermittelst zweier Schrauben auf das Feinste vornehmen, indem diese in entgegengesetzter Richtung auf einen Arm wirken, welcher mit der Axe verbunden ist, wodurch erreicht werden kann, dafs die magnetischen Axen der Hülfsstäbe mit der der schwingenden Nadel zusammenfallen und demnach keine Ablenkung hervorbringen.

Durch die Bewegung der Schrauben werden beide Magnete gleichzeitig gedreht; allein eine ganz geringe Drehung des grofsen Magnets bringt schon eine erhebliche Ablenkung der schwingenden Nadel hervor. Um daher die Einstellung der Nadel möglichst scharf zu erhalten, läfst sich das Azimuth des kleinen Magnets unabhängig von der gemeinschaftlichen Drehung beider Magnete mittelst der einen Schraube *s* und der Feder *f* Fig. 7 ändern, wodurch der Zweck auf das Vollständigste erreicht werden kann. Die Aufhängung eines sich selbst überlassenen Magnets an einem Coconfaden kann aber wegen der leichten Beweglichkeit des Magnets sehr störend, ja für physiologische Versuche fast unbrauchbar werden, weil, wenn derselbe in Schwingung versetzt ist, es sehr lange dauern wird, bis er ruhig genug ist, um daran beobachten zu können. Dieser Uebelstand wird aber, wie bekannt, durch den Dämpfer [1]) gehoben; und man hat die Wahl, die schwingende Nadel unmittelbar mit dem Dämpfer zu umgeben und den Multiplicatordraht auf denselben zu wickeln oder den Dämpfer über den, die Nadel eng umschliefsenden Multiplicator zu schieben. Diese letztere Methode ist wohl in den meisten Fällen zu empfehlen, weil dabei die Drahtwindungen dem schwingenden Magnete am nächsten sind und die durch die gröfsere Entfernung des Dämpfers von der Nadel entstehende geringere Dämpfung sich durch eine etwas gröfsere Kupfermasse ersetzen läfst.

Man gewinnt bei dieser Einrichtung des Dämpfers den Vortheil, dafs, wenn man mit Multiplicatoren von dickerem oder dünnerem Drahte, mit mehr oder weniger Drahtwindungen, experimentiren will, alsdann nur ein einziger Dämpfer erforderlich ist, nach welchem der äufsere Umfang der Multiplicator-Rollen bestimmt wird, um den Dämpfer überschieben zu können. Beide Arten von Dämpfung bei diesen Instrumenten bewirken, dafs, selbst wenn der Magnet in sehr grofse Schwingungen versetzt war, derselbe nach 3 oder 4 Schwingungen fast völlig ruhig steht. Bei dem in

1) Resultate des magnetischen Vereins 1837.

Rede stehenden Instrumente war die Lage der Hülfsmagnete so, dafs die Schwingungsdauer der Nadel, (nachdem Multiplicator und Dämpfer entfernt waren) 10",5 betrug; alsdann zeigte sich aber die Abnahme der Schwingungsbögen so gering, dafs das nahezu constante logarithmische Decrement nur 0,013 war. Als Dämpfer und Multiplicator den Magnet wieder umgaben, der Multiplicatorkreis jedoch geöffnet, (also als Dämpfer unwirksam) war, betrug das logarithmische Decrement 0,552; und als der Multiplicatorkreis geschlossen war, stieg das logarithm. Decrem. auf 0,637. Diese beiden letzten Angaben sind die Mittel aus je vier besonderen Beobachtungen: bei jeder einzeln liefsen sich nur drei oder vier Ablesungen machen, weil alsdann der schwingende Magnet, obgleich mit einem starken Magnete in grofse Schwingungen versetzt, fast völlig wieder zur Ruhe gekommen war. Bei einem andern Multiplicator, zu dem der Dämpfer über die Drahtwindungen geschoben wird, war

bei geöffnetem Multiplicatorkreise das logarithmische Decrement 0,425,

bei geschlossenem Multiplicatorkreise das logarithmische Decrement . . . . 0,602.

Es geht hieraus hervor, dafs nach Verlauf von 40 bis 50 Sekunden der schwingende Magnet sich in vollständiger Ruhe befand, und somit ist es möglich, mit diesem Instrumente eine Reihe physiologischer Versuche rasch hintereinander zu machen, ohne eine wesentliche Veränderung, Absterben thierischer Theile, befürchten zu müssen.

Um einigermafsen eine Angabe über die Empfindlichkeit des Instrumentes für feine Einwirkungen machen zu können, wurden einige Versuche mit momentaner Entladung gespannter Elektricität gemacht. Eine nur schwach geladene Leydener Flasche gab eine für unser Instrument mit empfindlicher Anordnung zu starke Wirkung. Dagegen erfolgten gut mefsbare und zum Theil ansehnliche Ablenkungen, als (in grofser Entfernung vom Galvanometer) eine mit Seide geriebene Glasröhre oder eine mit Wolle geriebene Siegellackstange an dem einen Ende des wohl isolirten Zu-

leitungsdrahtes vorbeigeführt wurde, während das andere Ende abgeleitet war. Dafs solche schwache Entladungen, wie in den letztgenannten Fällen, auch an einem recht empfindlichen Multiplicator (wie sie von Sauerwald mit 30,000 Windungen construirt werden), Ablenkungen bewirken, ist kaum zu bezweifeln, und Hr. Prof. Funke bestätigte es in der That auf Befragen; aber diese Ablenkungen gehören wohl selten zu den scharf mefsbaren.

Zur richtigen Aufstellung des Instrumentes mag noch einer kleinen Vorrichtung Erwähnung geschehen.

Es sollen, wie sich von selbst versteht, die Multiplicator-Windungen in der Richtung des magnetischen Meridians liegen. Um dieses zu erreichen, entfernt man alle Magnete sowie auch den Multiplicator und Dämpfer von dem Instrumente und legt in die Zapfenlager, die zur Aufnahme des Multiplicators bestimmt sind, den Fig. 5 abgebildeten Träger, welcher mit einer Stahlspitze zur Aufnahme einer gewöhnlichen Magnetnadel versehen ist. Senkrecht gegen die Zapfen dieser kleinen Vorrichtung ist eine Linie gezogen, auf welche man die Magnetnadel, durch Drehung des grofsen Holzgestelles, zur Einstellung bringt. Ist diese zur Genüge erfolgt, so entfernt man diese Vorrichtung und setzt das Instrument vollständig zusammen, wozu es hier keiner weitern Bemerkung bedarf.

Schliefslich mag noch bemerkt werden, dafs sowohl der Multiplicator als auch der Spiegel von einem Holzgehäuse umgeben ist, um gegen Luftzug zu schützen. Bei dem vorliegenden Instrument besteht dasselbe in einem der Länge nach halbirten hohlen Cylinder von Holz, der oben geschlossen, nur mit einem Loch für den Coconfaden versehen ist. Die andere Hälfte dieses Cylinders hat, dem Spiegel gegenüber, eine Oeffnung, welche durch ein Planparallelglas verschlossen werden kann.

Göttingen im Juli 1861.

VII. *Methode zur Bestimmung des Brechungscoëfficienten; von Inspector Meyerstein in Göttingen.*

In diesen Ann. Bd. XCVIII habe ich mein Spectrometer beschrieben, welches zur Bestimmung des Brechungs- und Zestreuungsverhältnisses verschiedener Medien dient. Seit jener Zeit habe ich vielfach Veranlassung gehabt, mit Instrumenten nach dem in jener Beschreibung angegebenen Principe zu messen, theils zur Prüfung von Instrumenten, welche bei mir bestellt waren, theils zum eigenen optischen Gebrauche. Bei dieser Arbeit fand ich es wünschenswerth, manche Aenderungen [1]) an dem Instrumente vorzunehmen, durch welche theils die einmal an demselben gemachten Berichtigungen möglichst bleibend werden, theils aber noch erreicht wird, dafs der Gebrauch des Instruments nicht nur auf die von mir angegebene Messungsmethode beschränkt ist, sondern nach mehreren ganz verschiedenen Methoden erfolgen kann.

Die Methode, für welche ich das Instrument ursprünglich eingerichtet hatte, besteht im Wesentlichen darin, dafs man, um den Brechungscoëfficienten n eines Prismas für irgend einen Farbstrahl zu bestimmen, die Ablenkung mifst, welche dieser Strahl erfährt, wenn er so durch das Prisma hindurchgeht, dafs die Richtung seines Austritts senkrecht zur Prismenfläche ist.

Unter dieser Bedingung bestimmt sich n, wenn man mit φ den brechenden Winkel des Prismas, mit μ die gemessene Winkelablenkung bezeichnet, nach der Gleichung

$$n = \frac{\sin(\varphi + \mu)}{\sin\varphi}$$

wie sich leicht durch Betrachtung der Taf. I, Fig. 9 ergiebt.

Wenn nun auch diese Methode hinsichtlich der Schärfe

1) Ich verweise auf meine Schrift »das Spectrometer«; Verlag der Deuerlich'schen Buchhandlung in Göttingen 1861.

und Leichtigkeit, mit welcher die Messungen auszuführen sind, kaum etwas zu wünschen übrig läfst, so tritt dabei doch der Uebelstand ein, dafs man in der Gröfse des brechenden Winkels φ beschränkt ist. Dieser darf nämlich, wie leicht zu sehen ist, nicht gröfser seyn, als der Gränzwinkel der innern Reflexion für das betreffende Medium, der sich nach der Formel

$$\varphi = \text{arc. sin.} \left(\frac{1}{n}\right)$$

berechnet, so dafs, wenn man z. B. ein stark brechendes Medium, wie Flintglas ($n = 1{,}66$) anwenden will, der Prismenwinkel unter 37° bleiben mufs.

Durch eine kleine Veränderung, welche ich, um von dieser Beschränkung unabhängig zu werden, in der Construction des Instruments vorgenommen habe, wird es möglich, aufser nach der oben angegebenen, auch nach der bekannten Fraunhofer'schen Methode (der der Minimalablenkung), sowie endlich noch nach einer dritten Methode zu beobachten, welche sich besonders durch ihre Einfachheit, unbeschadet der zu erzielenden Genauigkeit, empfiehlt, und die ich hier in der Kürze auseinandersetzen will.

Bezeichnet φ wie oben den Winkel eines Prisma *A. B. C.*, Taf. I. Fig. 10, α den Eintrittswinkel, β den Austrittswinkel eines bestimmten Farbstrahls, so ist allgemein

$$\sin\beta = \sin\varphi\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} - \cos\varphi \sin\alpha.$$

Diese Gleichung nach n aufgelöst giebt

$$n = \frac{\sqrt{\sin^2\alpha + \sin^2\beta + 2\sin\alpha \,.\, \sin\beta \cos\varphi}}{\sin\varphi} \quad . \quad . \quad (1)$$

wonach sich also der Werth von n berechnen läfst, wenn α und β bestimmt sind. Die unmittelbare Messung giebt nun den Winkel μ, um welchen der austretende Strahl gegen den eintretenden abgelenkt ist; und da

$$\mu = \alpha + \beta - \varphi$$

und φ als bekannt vorausgesetzt wird, so giebt sie die Summe $\alpha + \beta$. Um aus dieser Summe *allein* die Werthe von α und β einzeln zu erhalten, sucht Fraunhofer den Verlauf des Strahls durch das Prisma so einzurichten, dafs

Einfalls- und Austrittswinkel einander gleich werden, und das erreicht man, indem man die Minimalablenkung herstellt. Zu jener Bestimmung von α und β gelangt man aber auch auf allgemeinerem Wege; wenn man aufser ihrer Summe noch ihre Differenz zu messen vermag. Diefs kann nun leicht geschehen, denn es ist hiezu nur erforderlich, die Drehung zu beobachten, welche man mit dem Prisma vornehmen mufs, um Eintritts- und Austrittswinkel unter einander zu vertauschen, welche Vertauschung dadurch erkennbar und ausführbar ist, dafs nach ihr der Verlauf des Strahls durch das Prisma, mithin auch der Ablenkungswinkel μ wieder derselbe ist. In der Messung dieser Drehung, für welche am Instrumente ein besonderer Hülfskreis eingerichtet ist, besteht das Wesen der oben erwähnten dritten Methode. Bezeichnet man die Drehung, also den Unterschied $\alpha - \beta$, mit δ, so hat man nun

$$\alpha + \beta = \varphi + \mu$$
$$\alpha - \beta = \delta,$$

mithin

$$\alpha = \frac{\varphi + \mu + \delta}{2}; \quad \beta = \frac{\varphi + \mu - \delta}{2}$$

und setzt man diese Werthe in (1) ein, so findet sich

$$n = \frac{\sqrt{1 - \cos\varphi \cdot \cos(\varphi + \mu) + [\cos\varphi - \cos(\varphi + \mu)]\cos\delta}}{\sin\varphi}$$

oder

$$n = \frac{\sin\frac{\varphi + \mu}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}} \cdot \cos\frac{\delta}{2}\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2\frac{\varphi + \mu}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\frac{\varphi}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\frac{\delta}{2}} \qquad (2)$$

Zur bequemeren Rechnung nach dieser Formel kann man einen Hülfswinkel λ einführen, indem man setzt

$$\operatorname{tg}\lambda = \operatorname{ctg}\frac{\varphi + \mu}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{\delta}{2}$$

und sodann

$$n = \frac{\sin\frac{\varphi + \mu}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}} \cdot \frac{\cos\frac{\delta}{2}}{\cos\lambda} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Bei diesem Verfahren hat man also, um für irgend einen Strahl den Brechungscoëfficienten zu bestimmen, je zwei Winkel zu messen. Indefs tritt in der Ausführung dadurch eine wesentliche Vereinfachung ein, dafs der Werth von δ nur näherungsweise bestimmt zu werden braucht, indem die nähere Betrachtung der Formel (3) zeigt, dafs ein Fehler in δ einen vergleichsweise nur äufserst geringen Einflufs auf den Werth von n hat. Es stellt sich heraus, dafs ein Fehler von $0^\circ,1$ in δ bei einem brechenden Winkel von etwa 60°, selbst wenn δ grofs ist, niemals mehr als 2 bis 3 Einheiten der 4ten Decimale in n austrägt, während dieser Fehler in n sogar unter *einer* Einheit der 4ten Decimale bleibt, wenn man die Beobachtung so einrichtet, dafs δ 7 bis 8° nicht übersteigt. Dieser Drehungswinkel δ ist nun $= 0$ wenn der beobachtete Strahl sich in der Minimalablenkung befindet; um daher immer einen kleinen Werth für δ zu erhalten, braucht man nur den betreffenden Farbstrahl (resp. die Fraunhofer'sche Linie) *in der Nähe* der Minimalablenkung einzustellen, und wird also, wenn man das ganze Spectrum durchbeobachten will, den Werth des μ Schritt für Schritt so ändern, dafs er immer beiläufig der Minimalablenkung der jedesmaligen dunkeln Linie gleich wird — was man durch äufserst einfache Manipulationen bewerkstelligen kann.

Bei dieser Art der Anwendung meiner Methode erscheint daher die Messung des Drehungswinkels δ als eine Correction für die nur näherungsweise bewirkte Minimalstellung, durch welche die mühsam zu erreichende *genaue* Herstellung der letztern umgangen wird.

Wenn man jedoch auf die äufserste Genauigkeit verzichten will — d. h. eine Unsicherheit von 2 Einheiten der 4ten Decimale in n noch zuläfst — so kann man diese Methode in noch bequemerer Weise anwenden, indem man das ganze Spectrum mit ein und derselben Ablenkung μ — die natürlich nicht kleiner als die Minimalablenkung der violetten Strahlen seyn darf — durchmustert. So erreicht man den Vortheil, nur eine einzige genaue Winkelmessung

nöthig zu haben, während alle übrigen Operationen nur in der wiederholten Einstellung eines jeden Strahls und der leicht auszuführenden Hülfsablesung δ bestehen. Ich lasse hier einige Messungen folgen, welche mit einem Spectrometer vorgenommen sind, dessen Hauptkreis nur 6 Zoll Durchmesser hat und mittelst Nonien 10" angiebt. Der Hülfskreis zur Bestimmung von δ beträgt 4 Zoll, und ist nur in ganze Grade eingetheilt, so dafs man 0°,1 noch genau schätzen kann.

Die Messungen wurden an einem Glasprisma vorgenommen, dessen brechender Winkel 59° 47' 57" beträgt.

	Erste Reihe μ veränderlich.			Zweite Reihe μ constant.		
Strahl	μ	δ	$\frac{\varphi+\mu}{2}$	μ	δ	$\frac{\varphi+\mu}{2}$
B	47° 17' 52"	6° 45'	53° 32' 54"	50° 8' 32"	24° 39'	54° 58' 15"
C	47 28 18	6 57	53 38 8		23 51	
D	47 54 45	6 33	53 51 21		21 48	
E	48 34 18	7 18	54 11 8		18 50	
b	48 40 45	7 9	54 14 21		18 18	
F	49 8 50	7 30	54 28 21		15 39	
G	50 8 32	6 33	54 58 15		6 33	

Brechungsindex.

Strahl	1. Reihe	2. Reihe
B	1 : 6113	1 : 6111
C	1 : 6130	1 : 6131
D	1 : 6178	1 : 6179
E	1 : 6241	1 : 6242
b	1 : 6253	1 : 6253
F	1 : 6298	1 : 6299
G	1 : 6405	1 : 6405

VIII. *Beschreibung eines Photometers;* *von H. W. Dove.*

(Aus den Monatsbericht. d. Akad. Mai 1861.)

Durch die bisher angegebenen photometrischen Vorrichtungen kann man unter bestimmten Bedingungen die Intensität zweier Lichtquellen messen, es läfst sich aber gegen dieselben geltend machen, dafs sie in der Regel ihren Dienst vollständig versagen, wenn die zu vergleichenden Lichtquellen verschieden farbig sind, oder wenn es sich um die Bestimmung der Helligkeit des in einem gegebenen Raume zerstreuten Lichtes handelt, endlich wenn die Lichtmenge gemessen werden soll, welche ein sehr kleiner oder nur schwach durchscheinender Körper hindurchläfst. In letzterm Falle ist die von Bunsen angegebene für helle Flammen sehr zweckmäfsige Methode, bei welcher ein auf einem Blatt Papier befindlicher Fettfleck durch dieselben von Vorn und Hinten so beleuchtet wird, dafs er verschwindet, nicht anwendbar. Die von Babinet angewendete Neutralisation der Polarisationsfarben zweier senkrecht auf einander polarisirter Lichtmassen gleicher Intensität schliefst aber die Anwendung verschieden farbiger Lichtquellen ebenfalls aus, wie unmittelbar aus den lebhaften Farbenerscheinungen ersichtlich ist, welche in dem von mir construirten Dichrooskop hervortreten. Das Umsetzen eines positiven Daguerreschen Bildes in ein negatives, wenn über das von demselben zum Auge gelangende zerstreute Licht das gespiegelte überwiegt, welches Pouillet zur Messung vorgeschlagen hat, erheischt ein Zimmer mit schwarzen Wänden, findet also nur eine beschränkte Anwendung, seine Empfindlichkeit überhaupt ist nicht erheblich, wenn die zu vergleichenden Gegenstände kleine Flächen darbieten, da zu der Erscheinung auf der Daguerreschen Platte sämmtliche Lichtmassen concurriren, welche von allen Seiten her diffus auf dieselbe fallen. Das Nebeneinanderlegen gleich

dunkler Schatten eines Stabes nach Rumford oder heller Lichtlinien eines rotirenden glänzenden Kügelchens nach Wheatstone schliefst von vorn herein verschieden farbige Lichtquellen aus, deren gleiche Helligkeit das Auge nicht zu beurtheilen vermag. Die durch gekreuzte Nicols, Glassätze oder polarisirende Spiegel eintretende Schwächung des Lichtes wird ein unsicheres Bestimmungsmoment bei schwachen Lichtquellen, wenn die messende Bestimmung auf der Beurtheilung des wirklichen Verschwindens beruht, nicht auf dem Uebergang einer Erscheinung in die entgegengesetzte, was zu entscheidenden Bestimmungen wesentlich ist. Das von mir angewendete Verfahren bietet vor den angeführten die Vorzüge dar, dafs es äufserst empfindlich ist, auf helle und schwach leuchtende, gleich oder verschieden farbige, durchsichtige und undurchsichtige Objecte beliebiger Gröfse in gleicher Weise anwendbar, zur Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente ebenfalls geeignet, dafs es ganz verschiedene Messungsmethoden gestattet, die einander gegenseitig controlliren, endlich dafs es vermittelst eines Instrumentes erhalten wird, des Mikroskops nämlich, welches ohnehin schon in den Händen jedes beobachtenden Naturforschers ist.

Es giebt gewisse mikroskopische Objecte, wie z. B. die Haut einer Eintagsfliege, welche dunkel auf hellem Grund erscheinen, wenn man sie von Unten beleuchtet, hingegen hell auf dunklem Grund, wenn man den Beleuchtungsspiegel verdeckt. Weit schöner zeigt sich diefs an mikroskopischen Photographien z. B. an Major Dickson's Tablet in Rostherne Church, wenn man sie bei funfzigmaliger Vergröfserung (Objectiv 1. 2.) in einem Schieckschen Mikroskop betrachtet. Die Beleuchtung von Unten giebt eine tief schwarze Schrift auf weifsem Grunde, bei Verdecken des Spiegels die Beleuchtung von Oben weifse Schrift auf schwarzem Grund. Dadurch wird es wahrscheinlich, dafs die Schrift verschwinden wird, wenn das von Oben und von Unten einfallende Licht gleiche Intensität hat oder wenn zwischen demselben ein bestimmtes Verhältnifs besteht, da

der Winkel, unter welchem beide auffallen, ein verschiedener seyn kann. Befestigt man in dem Objectträger einen polarisirenden Nicol, und vertauscht das gewöhnliche Ocular mit dem, welches den analysirenden Nicol enthält, so verschwindet bei dem Drehen der analysirenden Vorrichtung die Schrift. Die geringste weitere Drehung kehrt die vorher dunkele Schrift in eine weifse um, ein Beweis für die erhebliche Empfindlichkeit des Verfahrens, welche auch dadurch sich zeigt, dafs wenn man bei der Stellung des Verschwindens der Schrift auch nur ein schwach trübendes Glas einschaltet, die weifse Schrift auf dunklem Grund sogleich erscheint, wenn die Einschaltung in dem von Unten einfallenden Licht erfolgt, während die dunkle Schrift auf hellem Grund sichtbar wird, wenn das Glas in das von Oben einfallende Licht gebracht wird.

Es ist unmittelbar einleuchtend, dafs wenn nach einander das von Unten einfallende Licht zweimal so getrübt wird, dafs es durch Verschwinden der Schrift dem von Oben mit unveränderter Helligkeit auffallenden das Gleichgewicht hält, die Lichtmengen in diesen beiden Fällen gleich seyn müssen, da die Strahlen genau unter denselben Bedingungen auf die mikroskopische Photographie einfallen. Enthalten nun die Methoden, welche bei verschieden hellen Lichtquellen, die zur Gleichheit nothwendige Schwächung des stärkeren erheischen, in sich die Bestimmung für den Grad der Schwächung, so folgt unmittelbar daraus die quantitative Bestimmung ihrer unter gleichen Bedingungen verschiedenen Intensität.

Bei den neuern Mikroskopen ist die Einrichtung getroffen, dafs der Beleuchtungsspiegel durch eine doppelte Winkelbewegung auf die Seite gebracht werden kann, das Instrument selbst sich aufserdem aus der senkrechten Stellung in jede beliebig geneigte bringen läfst, welche ich, da sie nur in besondern Fällen von der horizontalen erheblich abweicht, die horizontale Stellung nennen werde im Gegensatz zu der senkrechten, bei welcher die Anwendung des Spiegels vorausgesetzt wird.

Die Schwächungsmethoden sind nun folgende:

1. Verkleinerung der Oeffnung des Objectträgers.

2. Entfernung der Lichtquelle von derselben.

3. Vergröfserung der wirkenden Fläche der Lichtquelle durch Neigung derselben gegen die Oeffnung, welche die senkrechte Projection jener Fläche darstellt, in welchem Falle die cylindrische Oeffnung durch Ansatz einer innen geschwärzten Röhre so eingerichtet werden kann, dafs nur parallele Strahlen das photographische Bild treffen.

4. Drehung des mit einem analysirenden Nicol versehenen Oculars, nachdem in die Oeffnung des Objectträgers der analysirende Nicol eingesetzt ist.

Zu der Verkleinerung der Oeffnung kann man ein metallnes Lineal anwenden, in welchem in einer geraden Linie neben einander kreisrunde Oeffnungen angebracht sind von allmählich abnehmender Gröfse, von denen die gröfste den Durchmesser der Oeffnung selbst hat. Ich werde dieses Linial den *Schieber* nennen. Auf dem von mir angewendeten befanden sich 14 solcher Oeffnungen. Der Durchmesser derselben kann durch die Mefsvorrichtung des Mikroskops selbst bestimmt werden. Statt des Schiebers kann auch eine excentrische Scheibe mit abnehmenden Oeffnungen, wie sie bei älteren Mikroskopen häufig angebracht ist, angewendet werden, doch ist ein geradliniger Schieber vorzuziehen, weil die excentrische Scheibe, wenn sie viel Oeffnungen enthalten soll, eine störende Gröfse erhält.

Die Entfernung der Lichtquelle wird an einer Scala bestimmt. Der Nullpunkt derselben ist bei horizontaler Stellung das auf dem Objecttisch vermittelst des gewöhnlichen Objecthalters befestigte photographische Bild.

Zur Bestimmung der Gröfse der wirkenden Fläche kann jedes beliebige Winkelinstrument angewendet werden. Ist der zu prüfende Körper eine lichtzerstreuende ebene Fläche, so kann diese auf das Centrum eines horizontalen Kreises gestellt werden, durch dessen Alhidade sie bewegt wird, oder es wird auf der Fläche ein ebener Spiegel angebracht, in welchem vermittelst eines Fernrohres eine entfernte Scala

abgelesen wird. Dasselbe Verfahren findet, wenn die Intensität des unter verschiedenen Einfallswinkeln auf einen ebenen Spiegel fallenden Lichtes gefunden werden soll, seine Anwendung auf Bestimmung dieses Winkels. Ist hingegen die spiegelnde Fläche die freie Oberfläche einer Flüssigkeit, so wird die Incidenz durch Neigung der Axe des Mikroskops erhalten, welche durch einen daran befestigten Spiegel bestimmt wird. Auf ähnliche Weise erhält man die Drehung des analysirenden Oculars durch einen daran befestigten Spiegel.

Bei schwachen Lichtquellen erhält man eine Verstärkung derselben bei lothrechter Stellung durch Vertauschen des ebenen Beleuchtungsspiegels mit dem Hohlspiegel, bei horizontaler durch eine Beleuchtungslinse, welche so aufgestellt wird, dafs die Concentration in gleicher Weise auf der photographischen Zeichnung erfolgt wie vorher durch den Hohlspiegel. In dem Falle, dafs der Parallelismus der auffallenden Strahlen erfordert wird, steht die Lichtquelle im Brennpunkt der Linse.

Für verschiedene Lichtquellen modificirt sich das Verfahren. Ich werde es daher für die besonderen Arten derselben einzeln besprechen.

Dioptrische Absorptionsfarben und zerstreutes Licht durchscheinender Körper.

Farbige Gläser. Bei senkrecht stehendem Mikroskop wird das Object von Unten durch den gegen einen Theil des Himmels gerichteten Spiegel, von Oben durch die allgemeine Tageshelle erleuchtet. Die Dicke der die Oeffnung des Objectträgers verdeckenden Gläser wird nun so lange verändert, bis die Compensation erreicht ist. Ist dadurch die von Unten einfallende Lichtmenge übercompensirt, so erscheint die Schrift nicht weifs, sondern lebhaft subjectiv gefärbt. Der Uebergang von dunkel auf hellem Grund zu hell auf dunklem Grunde ist aber leicht ersichtlich. Bei Ueberfanggläsern kann man nur durch Uebereinanderlegen die Verstärkung der Dicke erhalten, bei durch

und durch gefärbten vermittelst flach geschliffener Keile, die über einander verschoben sind, bei farbigen Glimmern durch Abspalten und Bestimmung der Dicke vermittelst des Sphärometers. Hat man nach einander für verschieden farbige Gläser die Compensation erhalten, so dient diefs dazu, eine Farbenscala gleicher Helligkeit zu bilden.

Will man hingegen die Frage beantworten, in welchem Verhältnifs mit zunehmender Dicke die Helligkeit abnimmt, so bringt man für die gröfsere Dicke zuerst die Compensation hervor und vermindert vermittelst des Schiebers dann die Gröfse der Oeffnung, bis bei der geringeren Dicke die Compensation erreicht ist. Die Helligkeit ist bei parallel einfallendem Licht im umgekehrten Verhältnifs der Oeffnung. In gleicher Weise kann diefs erhalten werden, wenn der polarisirende Nicol in die Oeffnung eingesetzt ist, durch Drehung des analysirenden, denn diesen afficirt nur das von Unten polarisirt eintretende, nicht das von Oben einfallende zerstreute und daher unpolarisirte Licht.

In gleicher Weise erhält man vermittelst des Schiebers oder Nicols bei gleicher Dicke verschieden farbiger Substanzen das Verhältnifs des durchgelassenen Lichtes.

Bei diesen Versuchen war es mir besonders auffallend, wie wenig das Auge die Lichtstärke zu beurtheilen vermag, welche ein durchscheinender Körper im Vergleich zu einem durchsichtigen hindurchläfst. Ich bildete aus einem zerschnittenen mattgeschliffenen Glase einen Glassatz und vervielfältigte die Anzahl der Scheiben so lange, bis die von ihnen durchgelassene Lichtmenge der gleich wurde, welche durch ein rothes Ueberfangglas mit spiegelnder Oberfläche hindurchging. Beide in gleicher Entfernung vom Auge oder dicht vor demselben neben einander gehalten, erscheinen sehr ungleich, das rothe Glas nämlich viel heller. Unbewufst nämlich verknüpft sich die Vorstellung der Deutlichkeit mit dem Urtheil über die Helligkeit, so dafs das letztere jenem untergeordnet wird.

Die Prüfung dichroitischer Krystalle erfolgt durch die Erreichung der Compensation nach verschiedener Richtung.

Bei einigen von mir untersuchten war der Unterschied sehr erheblich. Die Prüfung sehr verdunkelnder farbiger Gläser für Sonnenbeobachtungen geschieht, nachdem der Spiegel zur Seite gebogen, dadurch, dafs das Instrument unmittelbar nach Einschaltung der Gläser gegen die Sonne gerichtet wird. Die Bestimmung der starken Verdunkelung durch Combination verschiedenfarbiger erfolgt in gleicher Weise.

Handelt es sich um die Bestimmung der Absorption sehr durchsichtiger Substanzen, wie farblose Flüssigkeiten, welche in langen durch verschiebliche Glasplatten geschlossenen Röhren angewendet werden müssen, so geschieht diefs ebenfalls durch das horizontal gestellte Instrument. In derselben Stellung wird das Mikroskop angewendet, wenn die Flüssigkeit eine sehr wenig Licht durchlassende ist, wie Indigolösung. Ich habe dazu den Capillarapparat angewendet, wo zwischen zwei wenig geneigten Spiegelscheiben die Flüssigkeit aufsteigt. Die Entfernung von der Kante giebt die zunehmende Dicke der Flüssigkeitsschicht aus einem gemessenen Abstand der Scheiben. Bei farbigen Gasarten, welche in Gefäfsen abgeschlossen sind, steht das Instrument ebenfalls horizontal. Die Trübung durch Rauch läfst sich im Freien untersuchen.

Bei Zeugen, Papier u. s. w. erhält man die zunehmende Dicke durch Zusammenfalten. Die durchgelassene Lichtmenge ist hier nicht die direct absorbirte, sondern theilweise die durch die Zwischenräume hindurchgelassene. Dasselbe gilt von dünnen Vergoldungen und Versilberungen.

Messung des von undurchsichtigen Körpern zerstreuten Lichtes.

Hält man bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung einen Bogen weifses Papier horizontal unter den Objectträger des senkrecht gestellten Mikroskopes, so kann man die obere Beleuchtung so reguliren, dafs man die dunkle Schrift auf weifsem Grunde sieht. Mit gesteigerter Neigung wird der weifse Grund gegen die dunkle Schrift immer heller. Vertauscht man den weifsen Bogen mit einem matt schwarzen

oder mit einer gleichförmig angerufsten Fläche, so erscheint unter allen Neigungen die weifse Schrift auf dunklem Grund. Anders ist es mit einer farbigen Fläche. Erscheint hier bei horizontaler Lage die helle Schrift auf dunklem Grund, so verschwindet sie bei einer bestimmten Neigung und geht bei Zunahme derselben in dunkle Schrift auf hellem Grund über. Diefs giebt ein höchst einfaches Mittel an die Hand, zu beurtheilen, welche von zwei neben einander liegenden Farben heller ist. Man neigt die Fläche bis die Schrift verschwindet und bringt dann die andere Farbe in dieselbe Lage. Sie ist heller oder dunkler, je nachdem die Schrift schwarz oder weifs erscheint. Bei genauer Bestimmung, unter welchem Neigungswinkel der Uebergang eintritt, mufs alles Seitenlicht abgeblendet werden. Ich habe, um diefs zu erhalten, das horizontal gestellte Mikroskop so gestellt, dafs eine einen Fufs lange innen angerufste Röhre (ein abgeschnittener Flintenlauf) die Verlängerung der Sehaxe des Mikroskopes bildete, indem sie sich an die untere Oeffnung des Objectträgers unmittelbar anlegte. Die lothrecht gestellten Farbenscheiben befinden sich um eine lothrechte Axe drehbar am andern Ende der Röhre.

Das Undurchsichtigwerden eines farblosen durchsichtigen Körpers, wie des Wassers, durch totale Reflexion tritt deutlich hervor, wenn man schief auf die nach Unten gewandte Seite der freien Oberfläche desselben in einem Glase sieht, noch überraschender in dem blendenden Licht, welches unmittelbar aus dem vollkommen dunkeln von Innen stark beleuchteten cylindrischen Wasserstrahl hervorbricht, wo er sich in Tropfen auflöst oder durch einen Schlag unterbrochen wird, während ein in dem dunkeln Raume hinter den Strahl gehaltenes Licht ihn ungestört durchstrahlt. Da mit der Häufigkeit der Unterbrechung die Wahrscheinlichkeit für den Gränzwinkel der totalen Reflexion sich steigert, so sehen wir unmittelbar ein, wie das, was an einer Blase im Wasser sich zeigt, sich vervielfältigend den weifsen Schaum hervorruft, wie ein Sprung im Eise den Uebergang zum weifsen Schnee bildet, ein Sprung im Glase

das weiſse Pulver eines zersprungenen Glastropfens erläutert. Aber dieses Pulver ist nur weiſs, wenn der Tropfen aus farblosem Glase, es wird grünlich, wenn es aus grünlichem besteht, gerade wie der Schaum des Champagners heller ist als der des Bieres, des Kaffes und der Chocolate, alle aber an Weiſse dem Seifenschaum nachstehen. Die Depolarisation des polarisirt auf eine Schneefläche auffallenden Lichtes zeigt, daſs die total spiegelnden Flächen nach allen Richtungen geneigt sind, und wir werden daher uns von dem Akte der Zerstreuung des Lichts von einer weiſsen, grauen oder farbigen Fläche eine Anschauung bilden, wenn wir bei letztern zu den die ersten hervorrufenden Bedingungen noch die der Absorption in dem Durchgehen durch die nicht farblosen Substanzen hinzufügen.

Nach dieser Ansicht wird die rauhe Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers nicht dadurch das Licht zertreuen, daſs er nach allen Richtungen geneigte Spiegel darstellt, denn unter dieser Voraussetzung würde die Farbe des Körpers nicht bemerkbar seyn, sondern im Gegentheil würde sie dem Lichte Flächen darbieten, welche das Eindringen unter nahe lothrechter Incidenz erleichtert. Eben deswegen verdeckt eine gesteigerte Politur allmählich die Farbe eines Körpers. Diesem widerspricht nicht, daſs ein gepulverter sehr dunkler Farbestoff heller erscheint, als der ein Ganzes bildende, welcher vor der Theilung schon eine rauhe Oberfläche darbot, weil hier durch die vielfach gesteigerten Unebenheiten die Reflexion in sehr schiefer Neigung gesteigert wird, während die vervielfältigten senkrechten Incidenzen bei der groſsen Undurchsichtigkeit die Farbe noch mehr zu vertiefen wenig geeignet sind.

Aus den bisherigen Betrachtungen folgt, daſs das zerstreute Licht so angesehen werden kann, als wenn jeder Punkt ein selbstleuchtender wäre; in diesem Falle wird, wenn o die Oeffnungen des Objectträgers und x der Neigungswinkel der zerstreuenden Fläche gegen die Axe des Mikroskops die auf das photographische Bild Licht sendende

Fläche $\frac{o}{\sin x}$ seyn, und die Helligkeit dieser proportional. Tritt aber für zwei verschiedene Substanzen bei gleicher allgemeiner Beleuchtung die Compensation unter den Winkeln $x_{,}$ und $x_{,,}$ ein, so wird ihre respective Helligkeit im Verhältnifs von $\frac{1}{\sin x_{,}}$ und $\frac{1}{\sin x_{,,}}$ seyn.

Unter der Voraussetzung der strengen Gültigkeit einer nach allen Seiten hin gleichmäfsig erfolgenden Zerstreuung reducirt sich dann die Bestimmung der Helligkeit der diese veranlassenden Körper auf eine einfache Winkelmessung. Die volle Gültigkeit oder ihre Beschränkung läfst sich aber empirisch ermitteln, indem man die bei gleichbleibender Neigung durch Verkleinerung der Oeffnung vermittelst des Schiebers erhaltenen Werthe mit denen vergleicht, welche die veränderte Neigung bei gleichbleibender Oeffnung lieliefert. So lange eine in dieser Weise durchgeführte Untersuchung fehlt ist die Anwendung des Schiebers die zuverlässigste.

Kommt es darauf an die Helligkeit, welche aus der Combination des von zwei verschieden farbigen Flächen ausgehenden Lichtes resultirt, zu messen, so erhält man diefs vermittelst der Fechner'schen Scheiben, bei denen in concentrischen Ringen die Gröfse des der einen Farbe angehörigen Sectors stufenweise von 0 bis 360° zunimmt, während die der anderen gleichzeitig von 360 bis 0° abnimmt. Man richtet unter Abblendung der übrigen Ringe das horizontale Mikroskop nach einander auf die einzelnen concentrischen Ringe und compensirt die Helligkeit.

Bei der Rotation einer Newton'schen Farbenscheibe kann man natürlich nicht die Helligkeit einer weifsen erhalten, sondern nur die der Absorption aller einzelnen Farben entsprechende. Man braucht nur das Photometer auf die rotirende Scheibe zu richten, und den Neigungswinkel ermitteln, welcher die Compensation giebt, dann denselben Versuch mit der weifsen Rückseite der Scheibe anzustellen, um sich zu überzeugen, dafs im ersten Falle viel Licht ab-

sorbirt wurde. Will man die Menge desselben bestimmen, so vergröfsert man auf einer weifsen Scheibe einen schwarzen Sector so lange, bis die Gleichheit der Helligkeit für beide Scheiben erreicht ist.

Hierbei tritt eine physiologische Frage ein, deren Beantwortung nicht ohne Interesse ist. Theilt man eine Scheibe in 5 weifse und 5 schwarze mit einander abwechselnde Sectoren, so ist die Lichtmenge, welche sie mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich drehend dem Auge zusendet, dieselbe als wenn die Scheibe in 25 weifse und 25 schwarze abwechselnde Sectoren getheilt ist. Die Intervalle aber dauern im ersten Falle 5 mal länger als im zweiten. Hat diefs einen Einflufs auf die Beurtheilung der Helligkeit? Mir ist es früher stets so vorgekommen, als wenn die Helligkeit zunehme, bis die Geschwindigkeit der Rotation sich über eine gewisse Gränze steigert. Möglicher Weise ist die Gränze der Intervalle, bei welcher keine Steigerung mehr stattfindet, für verschiedene Individuen verschieden.

Gestreifte Flächen senden in der Richtung der Streifen mehr Licht zurück als in der darauf senkrechten, weil in letzterm Falle eine theilweise Beschattung eintritt. Man erhält diefs deutlich, wenn man in weife Kreide durch wiederholtes Fortführen über eine Feile ein Gitter hervorbringt. Die auffallendsten Unterschiede treten in diesen Beziehungen an gewissen Platten von Perlenmutter hervor.

Bei einem sehr gleichartigen matten Schliff macht sich doch der Einflufs der Substanz geltend. Eine Messingscheibe gab in dieser Beziehung eine etwas gröfsere Helligkeit als eine Kupferscheibe.

Hierbei ist die senkrechte Stellung des Instruments vorzuziehen, weil bei der Drehung in horizontale Stellung zugleich die Beleuchtung der andern Seite des photographischen Bildes sich ändert. Umschliefsen die Licht zerstreuenden Flächen einen gegebenen Raum wie z. B. die Wände eines Zimmers, so braucht man bei senkrecht stehendem Mikroskop nur den Hohlspiegel nach verschiedenen Theilen derselben zu wenden, um die auffallenden Unterschiede

durch plötzliches Umsetzen des dunkeln in hell zur Anschauung zu bringen.

Prüfung leuchtender Körper.

Bei den bisherigen Untersuchungen kam es vorzugsweise darauf an, wie viel von der Helligkeit einer gegebenen Beleuchtung verloren geht, wenn diese der Absorption unterworfen wird. Hier ist das Bedürfnifs einer Lichteinheit weniger fühlbar als bei selbstleuchtenden Körpern. Da die Natur uns diese Einheit nicht gegeben, so hat man eine Annäherung zu erreichen gesucht durch sogenannte Normallichter, deren Lichtentwicklung, wenn die Länge der Flamme zwischen Zirkelspitzen gleich erhalten wird, eine ziemlich constante ist, durch argandische Lampen oder Gasflamme aus gegebenen Oeffnungen unter constantem Druck, endlich durch glühenden Platindraht, welcher eine constante galvanische Kette von gegebener Stromstärke schliefst. Die hier zurückbleibende Unsicherheit trifft alle photometrischen Methoden in gleicher Weise, wenn verlangt wird, eine gegebene Lichtstärke auf eine absolute Einheit zurückzuführen.

Zunächst scheint es am einfachsten, dafs man das horizontale Mikroskop so aufstellt, dafs die Sehaxe desselben die Verbindungslinie beider Flammen, deren Intensitätsverhältnifs ermittelt werden soll, in dem Punkte schneidet, an welchem das photographische Bild aufgestellt ist. Es ist aber viel zweckmäfsiger, das Mikroskop nach einander auf die beiden Flammen zu richten, und die Entfernung derselben so zu verändern, dafs das die Vorderseite aus unveränderter Entfernung das Object beleuchtende constante Licht die Schrift zum Verschwinden bringt. Befinden sich beide Lichter in der Verlängerung der Sehaxe des Mikroskops, so erreicht man unmittelbar hintereinander die Wirkung beider Lichter, wenn man zuerst hinter das erste einen Schirm anbringt, welcher das zweite verdeckt, und dann das erste und den Schirm gleichzeitig entfernt. Diefs kann so schnell nach einander erfolgen, dafs die Constanz der constant

angenommenen Flamme wirklich als vorhanden angesehen werden kann. Bei weniger hellen Flammen wendet man hier nur eine zwanzigmalige Vergröfserung an. Bei einer einige hundert Fufs entfernten Gasflamme sieht man sehr deutlich den Uebergang der schwarzen Schrift auf weifsem Grund in eine helle auf dunkelm, wenn man der Vorderseite eine durch Kochsalz gefärbte Weingeistflamme nähert. Ueber die Lichtschwäche mancher Flammen erstaunt man bei dem Vergleich mit andern. Richtet man das Instrument z. B. nach einer einige Fufs entfernten Stearinkerze, so kann man eine solche Weingeistflamme zwischen das Objectiv des Mikroskops und das photographische Bild einschalten und man sieht durch die Flamme hindurch scharf die schwarze Schrift auf hellem Grund. Bei gröfserer Entfernung verschwindet sie, indem die Schrift durch die vorstehende Flamme vollständig verdeckt wird.

Die Helligkeit des Mondlichtes in verschiedenen Phasen ergiebt sich in gleicher Weise. Man richtet das Mikroskop nach ihm und beleuchtet mit einem Licht das Bild von Vorn.

Das Glühen eines eine galvanische Kette schliefsenden Platindrahtes bei verschiedener Stromstärke wird ebenso bestimmt.

Ich hatte vor mehreren Jahren die Gelegenheit auf dem hiesigen Artillerie Schiefsplatz Versuche zu sehen, bei welchen die Beleuchtung durch Kohlenlicht im Schliefsungsbogen einer starken galvanischen Säule mittelst eines grofsen Hohlspiegels verglichen wurde mit der durch steigende Raketen veranlafsten zum Behufe des Erkennens der Arbeiten von Belagerern. Die Vergleichung geschah durch directes Sehen nach der Stelle der aufgestellten Mannschaften. Sie würde viel sicherer erhalten werden, wenn man an dieser Stelle vermittelst des Photometers die Beleuchtung einer weifsen Fläche ermittelte.

Der Funkenstrom des Conductors einer Elektrisirmaschine zu einem zweiten direct mit dem Mikroskop betrachtet, giebt ein sehr deutliches Bild, welches sich compensiren läfst.

Selbst bei der Entladung einer **Kleist**'schen Flasche läfst sich die Schrift deutlich erkennen.

Das geschichtete Licht einer sehr schönen **Geisler**'schen Röhre wurde in ähnlicher Weise untersucht. An die birnförmige Mitte schlossen sich zwei enge Röhren an, welche in den Kugeln mit den eingeschmolzenen Drähten endeten. Das blaue den Draht mit seiner schmalen Lichthülle umgebende Licht war etwas heller als die rothe geschichtete der zunächst liegenden Röhre, und fast genau von gleicher Helligkeit als das in dem zweiten Schenkel, aber viel heller als das in der diesem zunächst liegenden Kugel des anderen Poles.

Das weifslich geschichtete Licht erleuchtet die Schrift zum Erkennen vollkommen hinreichend, sowohl wenn die Röhre mit dem **Ruhmkorff**'schen Apparat in Verbindung gebracht war oder an den Conductor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine gehalten wurde.

Eine *U*förmige **Geisler**'sche Röhre war an einem ihrer Schenkel mit unter ihrem Einflufs fluorescirenden schwefelsaurem Chinin umgeben. Dieser Schenkel leuchtete stärker als der andere nicht damit umgebene, ein Beweis, dafs auch für Fluorescenz der Apparat noch hinlänglich empfindlich ist.

Dagegen blieb das phosphorische Licht hinter meiner Erwartung zurück. Es ist mir nur bei einer von sieben nach Insolation sehr lebhaft leuchtenden Röhre gelungen, die Schrift zu erkennen, freilich in einem ungenügend verfinsterten Zimmer.

Lichtstärke optischer Instrumente.

Die Prüfung von Fernröhren erfolgt sehr einfach. Da, wenn das Fernrohr auf einen unendlich weiten Gegenstand eingestellt ist, die Strahlen aus dem Ocular parallel austreten, so wird die Lichtstärke des Fernrohrs bestimmt durch die Helligkeit eines Querschnittes dieses austretenden Lichtcylinders. Das Mikroskop wird nun so aufgestellt, dafs während die Oeffnung des Objectträgers die Ocularöffnung bedeckt, die Axe des Mikroskops die geradlinige Verlän-

gerung der Axe des nach dem Himmel gerichteten Fernrohrs ist. Für verschiedene mit einander zu vergleichende Instrumente läfst sich bei heiterm oder gleichförmig bedecktem Himmel diefs rasch nach einander ausführen. Die Bestimmung erfolgt durch Annäherung eines constanten Lichtes an die Vorderseite des photographischen Bildes.

Directes Sonnenlicht zu dieser Beleuchtung der Vorderseite anzuwenden, ist überhaupt nicht praktisch, weil bei so starker Erhellung die Schrift wie Golddruck erscheint, welches die Bestimmung erschwert.

Die Prüfung der Mikroskope geschieht in gleicher Weise.

Die Reflexion von Spiegeln erfolgt nach der bei Zerstreuung rauher Flächen besprochenen Methode. Es ist mir dabei aufgefallen, dafs ein sorgfältig polirter Silberspiegel wenigstens unter schiefen Incidenzen auf der Glasseite mehr Licht zurücksendet als auf der metallischen, oder mit andern Worten, dafs das Hinzufügen der Reflexion von der äufseren Oberfläche des Glases den Verlust mehr als compensirt, welchen die das Glas belegende Metallfläche durch das Glas erleidet. Den Einflufs dieser äufseren Reflexion bestimmt man, wenn man den Spiegel unter dem Polarisationswinkel des Glases durch das mit dem analysirenden Nicol versehene Ocular betrachtet, so dafs das gespiegelte Licht verdunkelt ist. Die Abnahme der Intensität bei vervielfältigter Reflexion erhält man am einfachsten durch vermittelst einer Schraube sich nähernde Spiegel, wo die spiegelnde Seite des einen seitlich übergreift über den andern. Die totale Reflexion eines rechtwinkligen Ableitungsprisma erhält man am einfachsten durch Anbringung desselben unter der Oeffnung des Objectträgers des nahe senkrecht stehenden Mikroskops. Dasselbe steht hingegen horizontal bei der Untersuchung eines Spiegelprismas oder der Combination zweier, welche ich Reversionsprisma genannt habe. Da diefs zur Verwandlung des linear polarisirten Lichtes in elliptisches dient, ohne wie bei dem Fresnel'schen Rhomboëder aus der Axe des Instrumentes zu kommen, so kann seine Lichtstärke mit der eines solchen verglichen

werden. Wichtig scheint mir die Methode für Hohlspiegel und Sammellinsen, wegen ihrer Anwendung bei Leuchtthürmen mit Reverberen oder Polyzonallinsen. Ich konnte in meiner Wohnung nur die Versuche bis auf 160 Fuſs Entfernung ausdehnen, um zu untersuchen, ob durch Parallelismus der Strahlen die Einwirkung der Entfernung eliminirt sey oder nicht, aber die groſse Lichtstärke hat mir die Ueberzeugung gegeben, daſs das Prüfungsmittel auf sehr erhebliche Entfernung anwendbar bleibt. Versuche bei constanter Entfernung eines stationären Lichtes können über die Gränzen des Einflusses der in der Atmosphäre eintretenden Verdunkelungen Aufschluſs geben. Das Instrument wirkt hier als Diaphanometer. Ebenso glaube ich, daſs es bei Sonnenfinsternissen ein viel schärferes Bestimmungsmoment der Beleuchtung abgiebt, als die bisherigen Methoden.

Die Lichtstärke der einzelnen Theile des Sonnenspectrums erhält man auf doppelte Weise, indem man direct auf das horizontal gestellle Mikroskop die einzelnen Strahlen auffallen läſst, oder dasselbe auf die weiſse Wand richtet, auf welcher das Spectrum aufgefangen wird. Eine Vergleichung beider giebt den Einfluſs der bei rauhen Flächen hervortretenden von der Wellenlänge abhängigen Zerstreuung. Hierbei halte ich es für zweckmäſsig als Beleuchtung der Vorderseite der Photographie durch Reflexion das durch eine andere Oeffnung einfallende Sonnenlicht selbst anzuwenden, um dadurch die nach der Durchsichtigkeit der Luft zu verschiedenen Zeiten verschiedene Intensität zu eliminiren.

Polarisationsfarben habe ich auf folgende Art untersucht. Zwischen zwei Nicols wurden Gypsplättchen von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{14}{4}$ Dicke eingeschaltet, und auf die Oeffnung des obern das photographische Bild gelegt. Bei dem von mir angegebenen Polarisationsapparat geschieht dieſs einfach, indem derselbe nach Einschaltung der Gypsplättchen wie ein Fernrohr untersucht wird. Die Beleuchtungslinse des Apparats concentrirt eine Lichtflamme auf der Oeffnung des polarisirenden Nicols.

Bestimmung der Helligkeit in einem gegebenen Raum.

Stellt man das senkrecht stehende Mikroskop an irgend einer Stelle des Zimmers auf, so ist die von oben auf das Object fallende Lichtmenge eine mit zunehmender Entfernung vom Fenster schnell abnehmende, während die von dem nach dem Himmel gerichteten Beleuchtungsspiegel nach der Höhe gesendete dieselbe bleibt. Es ist daraus unmittelbar klar, dafs das an einer bestimmten Stelle zwischen der oberen und unteren Beleuchtung erhaltene Gleichgewicht an anderen aufhört, und man kann auf diese Weise in dem Zimmer die gleich hellen Flächen auffinden.

Für photographische Aufnahmen und, wie ich gehört habe, auch für augenärztliche Zwecke ist es oft wünschenswerth eine bestimmte Helligkeit in einem Zimmer zu erhalten. Ich will annehmen, dafs bei einer bestimmten Tageshelle eine photographische Aufnahme in einer bestimmten Zeit das gewünschte Resultat liefere. Es wird das Mikroskop neben dem Apparat senkrecht aufgestellt und eine Flamme vom Beleuchtungsspiegel so weit entfernt, dafs die Compensation erfolgt. Um bei Wiederholung der Aufnahme dieselbe Helligkeit zu erhalten, wird bei gleichbleibender Entfernung der Flamme oder Lampe die Stelle des Zimmers aufgesucht, wo die Compensation eintritt. In der That ist die Veränderung der Helligkeit der Tagesbeleuchtung bei nicht vollkommen heiterm und gleichförmig trübem Himmel sehr erheblich, wovon man sich am besten überzeugt, wenn man den Beleuchtungsspiegel nach verschiedenen Stellen des Himmels wendet, oder die geringe Intensität des von dem blauen Himmel zurückgesendeten Lichtes mit dem eines weifslich bezogenen Himmels vergleicht. Ich glaube eben defswegen, dafs das hier angegebene Photometer auch für Reisende anwendbar ist, bei deren wissenschaftlichen Ausrüstung in der Regel ein Mikroskop nicht fehlt, oder da eine so schwache Vergröfserung erheischt wird, leicht ihr hinzugefügt werden kann. Messungen über die Intensität des Lichtes des bei hohem Sonnenstande auf der südlichen

Erdhälfte dieser nähern Sonne verglichen mit auf der nördlichen Erdhälfte bei gleicher Sonnenhöhe angestellten fehlen noch ganz. Da sie bei der erwärmenden Wirkung der directen Insolation so auffallend seyn sollen, so werden sie in den photometrischen Ergebnissen sich ebenfalls bemerklich machen.

Es wird vielleicht zweckmäfsig seyn, behufs dieses photometrischen Verfahrens besondere Photographien anzufertigen. Das Dickson'sche Denkmal enthält wahrscheinlich auf einer Marmorplatte die erhabene Schrift, wodurch die Helligkeit der Buchstaben hier, wo der Schatten mitwirkt, nicht in der ganzen Fläche gleich bleibt, weswegen der Uebergang an den hellern und dunklern Stellen nicht gleichzeitig stattfindet. Bei dem Uebergang erhält man daher den Eindruck, als wenn die Schrift zuerst mit schwarzer Farbe geschrieben wäre, und dann die Buchstaben wiederholt darüber in weifser Farbe. Noch deutlicher tritt dieser verschiedene Uebergang an den erhabenen Stellen des Schildes hervor. Die Photographie einer englischen Banknote zeigt den Uebergang gleichartiger. Die sehr feine Schrift war mir auf die Länge die Augen zu angreifend. Ich möchte daher vorschlagen, eine Copie anzufertigen einer in gleichförmiger Schwärze und Gröfse der Buchstaben ausgeführten Schrift oder eine einfache Zeichnung, etwa die eines schwarzen Kreuzes auf weifsem Grund oder die eines schwarzen Ringes auf demselben Grund. Copien von Kupfertafeln u. s. w. eignen sich dazu weniger, denn diefs negative Bild erscheint widerlich barock. Es wird der solche Objecte darstellenden Photographie leicht seyn, hier das Zweckmäfsige zu finden.

Eben so wünschenswerth wäre die Anfertigung passender Schieber mit in einem bestimmten Verhältnifs abnehmenden Oeffnungen.

Ich möchte hier noch eine praktische Anwendung des Verfahrens auf die Beurtheilung von Farbestoffen anführen, welche, wie es z. B. bei dem Indigo der Fall ist, in der Regel nur durch die unmittelbare Betrachtung ihrer Güte

nach beurtheilt werden. Der Eindruck, welchen ein solcher Stoff auf das Auge macht, kommt schliefslich hinaus auf die Menge des Lichts, welches er dem Auge zusendet und auf die Farbe desselben. Eine prismatische Analyse ist bei undurchsichtigen Körpern schwierig anzustellen, nicht aber die durch Absorption. So erscheint Ultramarin durch ein rothes Ueberfangglas betrachtet vollkommen schwarz, durch anders farbige Gläser eigenthümlich gefärbt. Wie? läfst sich schwer scharf beschreiben, aber die Lichtmenge, welche er durch ein solches Glas hindurchsendet, läfst sich photometrisch bestimmen. Handelt es sich darum, einen bestimmten Farbstoff zu bezeichnen, so ist es nur nöthig nach einer der vorher angegebenen Methoden die Verdunkelung zu bestimmen, welche er durch bestimmte farbige Gläser erleidet. Für den praktischen Zweck braucht die Eigenthümlichkeit dieser Gläser nicht bestimmt zu seyn. Sie sind in der Hand des Eigenthümers die ihm bekannten Reagentien für den Farbstoff, welchen er prüfen will.

IX. *Ueber Binocularsehen und subjective Farben; von H. W. Dove.*

(Aus d. Monatsber. d. Akad., Mai 1861.)

An die im Bericht 1858 S.312[1]) mitgetheilten Beweise, dafs die sogenannte Hebung durch Brechung oder Doppelbrechung gesehener Gegenstände nur bei binocularer, nicht bei monocularer Betrachtung eintrete, schliefst sich folgender das Spiegelbild eines ebenen Spiegels betreffender Versuch unmittelbar an. Vor ein drei Linien dickes lothrecht befestigtes Planglas wurde eine Pappscheibe gehalten, auf welcher zwei Kreise sich befanden von etwa einem Zoll Durchmesser, einer weifs auf schwarzem Grund, der andere schwarz auf weifsem Grund. Die durch die Reflexion von der Vor-

1) Annal. Bd. CIV, S. 325.

der- und Hinterfläche des Glases entstehenden Bilder erscheinen mit einem Auge betrachtet vollkommen in einer Ebene, sowohl die grauen Mondstücke, als die an der Stelle des Uebergreifens eintretenden weifsen oder schwarzen Räume. Der Anblick, wenn das bisher geschlossene andere Auge geöffnet wird, ist ein ganz anderer. Die weifse Fläche mit dem schwarzen Fleck macht den Eindruck eines vierseitigen Prismas, durch dessen Mitte ein cylindrisches Loch hindurchgebohrt ist, während die beiden weifsen Kreise vor einander zu schweben scheinen und man durch den durchscheinenden ersten auf die Oberfläche des zweiten zu blicken glaubt. Einen noch auffallenderen Anblick gewährt eine aus schwarzen und weifsen Vierecken ausgeführte schachbrettartige Zeichnung. Bei binocularer Betrachtung unter einem gewissen Winkel verwandelt sie sich in Reihen neben einander aufgestellter Würfel, deren graue gemeinsame Seitenflächen sich von den abwechselnd schwarzen und weifsen Grundflächen unterscheiden.

Eine schöne Modification dieser Versuche erhält man, wenn man das farblose Planglas mit einem gleich dicken farbigen hinten mit Silber belegten vertauscht. Die subjectiven Farben treten hier, wenn die belegte Seite dem Fenster zugekehrt ist, und man die horizontale Pappscheibe in dem unter 45° geneigten Glase betrachtet, besonders bei einem gelben Glase in einer Lebhaftigkeit hervor, wie sie wohl in keiner anderen Weise erhalten werden kann. Bei dem Schachbrett sind hier zwei einander berührende Seitenflächen der Würfel intensiv gelb, die anderen intensiv blau, die Grundflächen abwechselnd schwarz und weifs. Bei monocularer Betrachtung liegt alles in einer Ebene.

Alle zu Irradiationsversuchen angewendeten Zeichnungen zeigen diese Erscheinungen in gleicher Schärfe. Es tritt dabei recht deutlich hervor, wie die bei den sogenannten farbigen Schatten hervortretenden Farben viel zweckmäfsiger erhalten werden, wenn man weifse Flächen auf dunklem Grund anwendet. Das ganze Gebiet der farbigen Schatten ist der prismatischen Analyse eines schwarzen Fleckes auf

weifsem Grund zu vergleichen und führt so leicht zu dem Mifsverständnifs, dafs der Schatten hier etwas wesentliches sey. In gleicher Weise ist es zweckmäfsig, das von Ragona-Scina angegebene Verfahren so zu modificiren, dafs man auf einer schwarzen Grundfläche zwei weifse Zeichnungen legt und diese durch ein senkrecht gehaltenes farbiges Glas betrachtet, so dafs die durch Spiegelung gesehene Zeichnung die durch Brechung gesehene schneidet. Hierbei tritt überall unmittelbar hervor, dafs da wo die subjective Farbe die objective deckt, Weifs erscheint. Die Modification der subjectiven Farbe durch eine bei der objectiven mitwirkende andere erhält man sehr deutlich auf folgende Weise. Man betrachtet in einem mit Carthamin auf der einen Seite belegten Glase eine weifse Figur auf schwarzem Grund. Verdeckt man die Rückseite des Glases, so erscheint ein lebhaftes subjectives bläuliches Rosa neben dem zurückgespiegelten Grün. Nimmt man den hintern Schirm hinweg, so erscheint in dem nun tiefrothen Gesichtsfelde das Grün gelb, während in dem subjectiven Roth jede Spur von Blau verschwunden ist.

Ueber den Glanz.

Ich habe früher nachgewiesen, dafs durch stereoskopische Combination einer weifsen und schwarzen Fläche der Eindruck einer glänzenden Fläche hervorgerufen wird, noch lebhafter aber, wenn vor ein Auge ein tief farbiges Glas einer bestimmten Farbe gehalten wird, vor das andere ein anders-farbiges, und dann eine rauhe Fläche betrachtet wird, auf welcher in der einen Farbe eine Zeichnung ausgeführt ist auf einem Grunde, welcher der Farbe des anderen Glases entspricht. Diese zweite Art der Darstellung beweist, dafs die Vorstellung der Körperlichkeit hier ohne Einflufs ist, und diefs hat neuerdings Hr. Rood (*upon some experiments connected with Dove's theory of luster*; Silliman's Amer. Journal 1861 Mai S. 339) bestätigt, da die von ihm im Stereoskop combinirten Bilder die verschieden gefärbten Sectoren eines Kreises waren. Dafs bei dem durch Farben

hervorgerufenen Glanz, welcher bei einem blau und rothen Glase so lebhaft wird, dafs die rothe Fläche den Eindruck vollkommen polirten Kupfers macht, nicht das Bedingende in dem Helligkeitsunterschiede liegt, habe ich früher dadurch gezeigt, dafs er lebhafter wird, wenn ich die hellgelb und tiefblau gemalte Schnittfläche einer abgekürzten Pyramide statt mit blofsem Auge, durch ein vor beide Augen gehaltenes tiefblaues Glas betrachtete, welches den Helligkeitsunterschied beider Pigmente natürlich verminderte. Das von mir aufgefundene photometrische Verfahren hat diefs vollkommen bestätigt, und man kann sich, wenn man die verschieden farbigen Gläser, welche vor den beiden Augen stehen, abwechselnd neigt und dadurch das gegenseitige Verhältnifs ihrer Dicke verändert, auch ohne Messungen überzeugen, dafs der Glanz sich zwar immer mit dem Intensitätsverhältnifs des zusammenwirkenden Lichtes modificirt aber stets vorhanden ist, selbst in dem Falle, wo die im Allgemeinen verschiedene Intensität beider Farben durch die Gleicheit hindurchgeht. Die von mir gegebene Erklärung des Glanzes, dafs er entstehe durch äufserlich gespiegeltes Licht in Verbindung mit innerlich gespiegeltem oder zerstreutem, halte ich den dagegen gemachten Einwürfen gegenüber entschieden fest. Ich kann nicht zugeben, was Brücke behauptet [1]), dafs eine total reflectirende Fläche glänzt, denn eine weifse Scheibe auf schwarzen Grund erscheint in einem Ablesungsprisma betrachtet ohne allen Glanz, der natürlich hervortritt, wenn das reflectirte Licht von einer bereits glänzenden Fläche kommt; ja dieser Glanz kann dann lebhafter erscheinen neben einer dunklen Fläche, als wenn wir ihn gleichförmig auf einer grofsen Fläche verbreitet direct betrachten. Schon die Bezeichnung Metallglanz, Glasglanz, Fettglanz, Perlenmutterglanz u. s. f. deutet darauf, dafs das Mitwirken eines vom Körper ausgehenden (zerstreuten) Lichtes, nicht blos äufserlich gespiegeltes, nöthig ist, um Glanz zu erzeugen. Einen vollkommnen Spiegel sehen wir nicht, nur andere Körper in ihm. Der Ausdruck, der Glanz blendet, deutet ohnehin darauf, dafs ein Licht ver-

1) Sitzungsb. d. Wien. Akad. Bd. XLIII, S. 177.

hindert ein anderes Licht deutlich zu sehen. Eben das aus verschiedenen Entfernungen auf unser Auge fallende Licht bestimmt den eigenthümlichen Glanz des tiefblauen Himmels. Dafs das bei der äufseren Reflexion mitwirkende Licht nicht nothwendig zerstreutes Licht seyn mufs, sondern auch gespiegeltes seyn könne, zeigt der Perlenmutterglanz übereinander gelegter Glasplatten, der des an den Metallglanz streifenden aufgeblätterten Glimmers, wobei der nicht vollständige Parallelismus der Flächen den allmählichen Uebergang zur Zerstreuung bildet. Den Uebergang zum Glanz bilden die sogenannten Erscheinungen des Wettstreites, wenn man mit zwei vor beide Augen gehaltenen verschieden farbigen Gläsern eine weifse Fläche auf schwarzem Grund betrachtet. Noch lebhafter tritt diefs hervor, wenn man zwei weifse Flächen durch ein senkrecht gestelltes farbiges Glas betrachtet, eine weifs (schwach subjectiv gefärbt) durch Reflexion, die andere farbig durch Refraction, und nun plötzlich das weifse Bild durch ein dazwischen gehaltenes farbiges Glas färbt. Die vorher gesehene Farbe flammt dann in ungewöhnlicher Lebhaftigkeit auf. Rood bemerkte auch Glanz, wenn er verschieden farbige Pigmente nach der Helmholtz'schen Methode auf diese Weise durch ein farbloses Glas zum Decken brachte, was ich nicht habe finden können. Aber auf eine andere Weise habe ich denselben bei monocularer Betrachtung erhalten.

Modificirt man das Helmholtz'sche Verfahren der Farbenmischung durch Verschiebung kleiner farbiger Flächen, welche man in einem durchsichtigen Glase durch Spiegelung und Brechung zum Decken bringt in der Weise, dafs man an der Berührungsgränze grofser farbiger Flächen eine grofse durchsichtige Platte aufstellt, so erhält man auf einen Blick Farbenmischungen, wie auf einem Farbenkreisel, wenn man das Sectorenverhältnifs der beiden Farben in concentrischen Ringen continuirlich abändert [1]). Ich vertauschte nun die

1) Combinirt man Gelb und Blau, so erhält man Grün, wenn man die Scheibe auf einer dem Durchmesser parallelen Sehne aufstellt an dem auf den dunklen Grund übergreifenden Mondstück, aber nur an diesem.

farblose Platte mit einer grofsen tiefblauen, und stellte diese auf den Durchmesser einer Kreisscheibe, deren eine Hälfte roth, die andere weifs war und zwar so, dafs die weifse Fläche durch Refraction blau gesehen wurde. Hier verändert sich das Verhältnifs beider Farben in einer andern Weise als bei einer farblosen, indem die mit der Schiefe sich steigernde Absorption zugleich der zunehmenden Reflexion entgegenwirkt. Der Anblick erinnerte lebhaft an den Anblick violetten Sammtes auch bei monocularer Betrachtung.

Diefs scheint nun ein Moment abzugeben bei dem Eindruck, welchen eine glänzende Fläche hervorruft. Das aus dem Innern zum Auge gelangende zerstreute Licht bleibt nach allen Richtungen dasselbe, während das gespiegelte mit der Schiefe der Incidenz ununterbrochen zunimmt. Daher erscheint eine gröfsere glänzende Fläche in ihrer ganzen Ausdehnung nie gleichartig und diefs tritt eben am Sammet am deutlichsten hervor. Matte Flächen gehen daher durch Glanz in spiegelnde über, das Wesentliche desselben ist aber eben das Zusammenwirken beider Lichtquellen, und die spiegelnde Fläche ist daher eben so wenig eine glänzende, als die die andere Gränze bezeichnende matte. Warum eine spiegelnde Oberfläche das eine Glied der Combination bilden mufs, leuchtet unmittelbar ein, denn da, wenn wir in einen Spiegel blicken, das Auge sich nicht der Entfernung des Spiegels anpafst, sondern der Summe der Abstände der sich spiegelnden Gegenstände vom Spiegel und der Entfernung dieses vom Auge, für das zerstreute Licht sich aber das Auge dem zerstreuenden Körper selbst anpafst, so wird eben dadurch dem Auge eine Aufgabe gegeben, die es nur in der unbestimmten Vorstellung des Glanzes zu lösen vermag.

X. *Ueber die Anwendung des Arragonits als Polarisator; von H. W. Dove.*

Die von mir früher der Akademie mitgetheilte Beobachtung, dafs in den Zwillingen des Arragonits aufser den ohne vorläufige Polarisation und Analyse um die optischen Axen erscheinenden Ringsystemen auch die Interferenzstreifen sich zeigen, welche in einem Nicol'schen Prisma an der Gränze der totalen Reflexion des einen Strahles hervortreten, führte mich darauf, dafs der Arragonit mit Erfolg als Polarisator angewendet werden könne. Ich liefs daher Prismen von 45° schleifen, deren Kante parallel den Säulenflächen ist. Durch ein Crownglasprisma von 30° wird diefs eine Bild achromatisirt, durch eins von 45° vertheilt sich die dann schwache prismatische Färbung auf beide Bilder. In einem solchen Prisma treten die Bilder im Verhältnifs von 3 : 2 weiter aus einander als in einem durch ein Glasprisma von 45° achromatisirten Kalkspathprisma, welches für die Anwendung zu mikrometrischen Vorrichtungen wichtig ist. Ein solches Arragonitprisma mit Glasprisma von 45° in meinen Polarisationsapparat statt des polarisirenden Nicols eingesetzt, erweitert das Gesichtsfeld wegen geringerer Längendimension und gröfserer seitlicher Oeffnung erheblich bei einer Lichtstärke, welche die stärkste Verdunkelung durch absorbirende Gläser verträgt und die dunklen Ringsysteme bei Beleuchtung einer gelben Weingeistflamme in gröfster Schärfe zeigt. Als analysirende Vorrichtung ist es zweckmäfsiger, das durch ein Glasprisma von 20° compensirte Arragonitprisma anzuwenden, weil hier für das eine Bild die Achromasie vollständig ist.

Das von mir construirte Prisma hat vor dem Kalkspathprisma den Vorzug, dafs die Aufsuchung der Axe hier ohne alle Schwierigkeit durch die Krystallgestalt erfolgt und dafs man daher, um mich so auszudrücken, jedes Stück des Krystalls ganz verwerthen kann. Die Trennung der Bil-

der ist aufserdem so erheblich, dafs man für die Zwecke der analysirenden Vorrichtung, besonders wo Gegenstände aus der Weite des deutlichen Sehens betrachtet werden, dem Apparat eine so geringe Längendimension geben kann, dafs er fast die einer Turmalinplatte erreicht.

XI. *Zum körperlichen Sehen;* *von Dr. F. v. Recklinghausen.*

Als ich in einem früheren Aufsatze (zur Theorie des Sehens, (diese Annal. Bd. 110, S. 65) die Ansicht aufstellte, dafs das von Hrn. Prof. Dove in den Berichten der Berliner Akademie 1841, S. 352 mitgetheilte, bekannte Experiment gegen die Brücke'sche Theorie des stereoskopischen Sehens nicht beweiskräftig sey, war mir leider die Beschreibung desselben, welche Hr. Prof. Dove in seiner Darstellung der Farbenlehre und optische Studien 1853, S. 163 gegeben hat, nicht bekannt.

Meine Zweifel stützten sich hauptsächlich auf Folgendes. Bei der Betrachtung stereoskopischer Figuren während sehr geringer Zeitdauer, z. B. mittelst des Volkmann'schen Tachistoskops, konnte ich keinen körperlichen Effect wahrnehmen, wenn jene Figuren für *ein* Auge keine körperliche Wirkung hatten, wenn in ihnen also nur die Existenz der Doppelbilder zur Geltung kam. Diesen Anforderungen genügen z. B. die Dove'schen Druckproben; die beiden Kreise mit schräg gestellten Pfeilen, am einfachsten zwei Paare von Punkten mit ungleichem Abstand.

Nachdem ich später durch Hrn. Prof. Dove (Zur Stereoskopie, diese Annal. Bd. 110, S. 494) auf die angeführte Beschreibung aufmerksam gemacht war, habe ich wesentlich mit Anwendung des allerdings wohl kaum zu ersetzenden elektrischen Funkens vielfältige weitere Experimente

angestellt, lange Zeit ohne ein entscheidendes Resultat zu bekommen. Endlich gelangte ich zu der folgenden Modification des Dove'schen Experiments mit dem kreisförmig polirten Metalldeckel.

Stellt man eine Biconvexlinse von etwa 2 Zoll Radius so zu einer Flamme, dafs man sowohl von der vorderen, wie von der hinteren Fläche ein Spiegelbild erhält, so nimmt man beim Sehen mit zwei Augen eine bedeutende Tiefendistanz zwischen den Spiegelbildern wahr. Letztere schwindet bei hinreichender Entfernung zwischen Linse und Beobachter vollständig, wenn nur *ein* Auge zur Beobachtung verwandt wird. Schliefst man abwechselnd ein Auge, so bemerkt man den grofsen Unterschied in dem seitlichen Abstande, welcher zwischen den vom linken und den vom rechten Auge aufgenommenen Spiegelbildern existirt, man überzeugt sich somit von der vorhandenen starken Verschiebung der Doppelbilder beim binocularen Sehen. Benutzt man nun statt der Flamme den elektrischen Funken zur Erzeugung der Spiegelbilder, so erhält man ganz dieselben Resultate; bei der Betrachtung mit zwei Augen ist der körperliche Effect nahezu unverkürzt, sogar dann, wenn man, was allerdings bei hinreichender Uebung der Fall ist, die Doppelbilder erkennt. Man könnte sich nun noch den Einwurf machen, dafs hier erst aus mehreren einzelnen Beobachtungen während einer Reihe von elektrischen Funken der körperliche Eindruck schliefslich combinirt wird; aber auch dieses ist unhaltbar, da selbst für ganz Ungeübte *ein* elektrischer Funke genügt, um sie über die Tiefendistanz der Spiegelbilder genau zu orientiren.

Nach diesem Resultat sah ich mich genöthigt, die Experimente mit den stereoskopischen Zeichnungen wieder aufzunehmen. Da nun die Beobachtung solcher stereoskopischer Figuren, welche den oben gestellten Anforderungen entsprachen, auch bei der Beleuchtung mit dem elektrischen Funken keine körperliche Wirkung ergab, so suchte ich das Experiment zu vereinfachen. Da wir nämlich zur Erzielung einer stereoskopischen Wahrnehmung wenigstens

zwei einander entsprechende Punkte der beiden Zeichnungen in dem gemeinschaftlichen Gesichtsfelde zur Deckung bringen müssen, bei den gewöhnlichen stereoskopischen Zeichnungen hierzu aber mit wie ohne Stereoskop ein gewisser Zeitaufwand und einige Anstrengung erforderlich ist, so mufste ich zugeben, dafs im Momente des elektrischen Funkens möglicherweise die Schwierigkeiten zu grofs seyn könnten, um jene Vereinigung zu gestatten.

Zu dem Zwecke verklebte ich je das eine Ende zweier 1 Zoll weiter Pappröhren, stach in die Deckel je zwei feine Oeffnungen mit ungleichem Abstand und verklebte dieselben mit geöltem Postpapier. Beide Röhren wurden nun so an einander befestigt, dafs beim Hineinsehen in die offenen Enden ihre Axen sich in einer Entfernung von 12 bis 18 Zoll vor dem Antlitz schnitten und gleichzeitig die Stichöffnungen sämmtlich horizontal, resp. in der Visirebene lagen. Die Beleuchtung der vier Stichöffnungen ergiebt bei dieser Beobachtungsweise zwei in verschiedener Tiefe stehende Lichtpunkte, indem je zwei zu einem einzigen combinirt werden. Diese Combination geschieht hier aber mit grofser Leichtigkeit, da einerseits alle anderen Objecte zur Orientirung abgesperrt sind, andererseits der angewandte Convergenzwinkel wohl der bequemste seyn dürfte. Mit diesem Apparat konnte ich nun die Tiefendistanz bei der elektrischen Beleuchtung schon nach Anwendung eines einzigen Funkens wahrnehmen; Anderen gelang es ebenfalls, den Meisten erst nach mehreren Funken. Auch hier ist es leicht, den körperlichen Effect gleichzeitig mit den Doppelbildern zu erkennen.

Nach diesen Beobachtungen mufs ich Hrn. Prof. Dove zugeben, dafs die einfache Existenz von Doppelbildern zu einer körperlichen Wirkung genügt, dafs eine Veränderung des Convergenzwinkels behufs der Vereinigung der Doppelbilder nicht absolut nothwendig, dafs also die Brücke'sche Theorie in so weit unhaltbar ist, als sie jene Winkelveränderung zum Zustandekommen eines binocularen körperlichen Effectes durchaus erforderlich betrachtet. Hier-

mit darf aber weder der Veränderung des Convergenzwinkels, noch der Vereinigung der Doppelbilder jede Bedeutung für das körperliche, wie für das stereoskopische Sehen abgesprochen werden. Die Wichtigkeit des Convergenzwinkels ist bekanntlich von H. Meyer (diese Annal. Bd. 85, S. 198) bereits bewiesen, die der Vereinigung der Doppelbilder, welche mit der Veränderung dieses Winkels eintreten mufs, mindestens sehr wahrscheinlich.

XII. *Ueber die Gesetze der Polarisation durch einfache Brechung; von Dr. Fr. Pfaff.*

Wenn man die Lehrbücher der Physik nachschlägt, so findet man in allen den Satz aufgestellt, dafs das Licht am vollständigsten polarisirt sey, wenn es unter einem Winkel von 35° 24' auf Glas auffalle, und dafs in diesem Falle sowohl der reflectirte als auch der hindurchgehende Theil des Lichtes ein Maximum der Polarisation zeige, wenigstens im Vergleiche mit dem Lichte, welches unter andern Winkeln auffalle. Das hindurchgehende Licht müsse aber durch eine gröfsere Reihe paralleler Glasplatten hindurchgehen, um sich vollkommen polarisirt zu zeigen.

Diese Angaben in Beziehung auf das durchgehende Licht sind aber vollkommen unrichtig, und liefern einen neuen Beweis, wie sich irrthümliche Behauptungen oft lange Zeit hindurch zufällig in der Wissenschaft forterben können.

Das durch sehr einfache Versuche zu constatirende Gesetz über die Polarisation des einfach gebrochenen Strahls mufs nämlich heifsen: *die Polarisation eines einfach gebrochenen Lichtstrahls nimmt zu mit der Abnahme des Winkels, unter dem er auf die brechenden Platten auffällt, und mit der Zunahme der Plattenzahl.*

Die Polarisation ist also abhängig 1) von der Winkelgröfse, 2) aber auch, wie bisher bekannt, von der Plattenzahl.

In welchem Verhältnisse nun diese beiden bestimmenden Factoren stehen, darüber mögen die folgenden Versuche einigen Aufschlufs geben, deren weitere Ausdehnung noch andere Fragen, die hiebei auftauchen, beantworten sollen. Der Apparat, dessen ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist sehr einfach.

Eine innen geschwärzte Röhre hat als Ocular einen Nicol vor dem eine senkrecht zur Axe geschliffene Quarzplatte angebracht ist, das vordere (dem Objectiv entsprechende Ende) ist nur in der Richtung der Sehaxe mit zwei kleinen runden Oeffnungen versehen, die horizontal gestellt 5^{mm} von einander entfernt angebracht sind. Vor diese Oeffnungen nun kommen auf einem besondern mit zwei Säulen versehenen Stative um eine horizontale Axe bewegliche Rähmchen zu stehen, auf welche die Glasplättchen gelegt werden. Jede Säule hat eine solche Axe, an der ein Zeiger befestigt ist, welcher an einer Kreiseintheilung die Drehung der Platten zu messen erlaubt. Die Glasplättchen sind rechteckig aus dem feinsten sogenannten Birminghamer Glas geschnitten. Die Beobachtung erfolgte nun in der Weise, dafs auf eine weifse von der Sonne beschienene Wand die Axe des Instruments gerichtet wurde. Alsdann wurde nach Umständen auf eine oder beide Rähmchen Glasplättchen gelegt und dieselben so gestellt, dafs sie durch die feine runde Oeffnung betrachtet zu einer Linie verkürzt erschienen, ihre Ebenen also mit den Sehaxen zusammenfielen. Jetzt wurde der Stand des Zeigers notirt und sodann die Drehung der Platten vorgenommen. Auf diese Weise ist es nun sehr einfach zunächst zu erkennen, dafs in der That mit dem Wachsen des Winkels unter dem der Lichtstrahl auffällt, die Polarisation abnimmt. *Eine einzige Platte polarisirt das Licht ebenso stark, wenn der Lichtstrahl einen Winkel von 6° mit ihr macht, als sieben Platten, die unter dem sogenannten Po-*

larisationswinkel von 35° 24′ *von ihm getroffen werden.* Das Instrument erlaubt nämlich das Maafs der Polarisation sehr genau zu bestimmen; sie wurde nämlich als gleich von mir angenommen, wenn durch die mit einander zu vergleichenden polarisirenden Vorrichtungen die beiden Oeffnungen mit gleicher Intensität gefärbt erschienen. Zu einer solchen Schätzung eignet sich aber eben eine Quarzplatte deswegen so vortrefflich, weil bei einer Drehung des Nicols immer andere Farben zum Vorschein kommen, das Auge dadurch also nie abgestumpft wird, und man alle verschiedenen Farben zum Vergleiche nach einander anwenden kann.

Auf Taf. II Fig. 18 sind graphisch zwei Beobachtungsreihen dargestellt, welche das Verhältnifs der Polarisation für einfache Platten und Plattenpaare darstellen. Auf der Abscissenaxe sind die Zahlen der Platten auf den Ordinaten die Drehungswinkel angegeben. Die ausgezogene Curve giebt an, wie stark die Polarisation einer einzigen Glasplatte sey, auf die unter einem Winkel von 6° der Lichtstrahl auffällt, verglichen mit der, welche durch mehr Platten erreicht wird. Es ergab nämlich die Beobachtung gleich intensive Färbung der beiden Oeffnungen, vor deren einer *eine* Platte so gerichtet war, dafs der Strahl unter 6° auffiel, wenn 2, 3... Platten so geneigt waren, wie es die folgende Tabelle ergiebt.

Eine Platte bei 6° polarisirt gleich stark wie

2	Platten	bei	12°
3	»	»	18
4	»	»	22½
5	»	»	27½
6	»	»	31½
7	»	»	36
8	»	»	39
9	»	»	42
10	»	»	45
12	»	»	48½

Zwei Platten bei 6° polarisiren gleich stark wie

4	Platten	bei	15°
6	»	»	26
8	»	»	$34\frac{1}{2}$
10	»	»	$40\frac{1}{2}$
12	»	»	$43\frac{1}{2}$
14	»	»	$45\frac{1}{2}$

Es ergeben sich aus diesen Zahlen, die fast genau den aufgezeichneten Curven entsprechen, zunächst, dafs die *Zahl der Platten* und die *Stärke der Polarisation* nicht in einem einfachen Verhältnisse stehen, dafs im Anfange mit der Zahl der Platten allerdings die Polarisation rasch zunimmt, dafs aber dann nur ein sehr geringer Zuwachs der Stärke stattfindet. Das geht auch sehr deutlich aus der Curve für die Plattenpaare hervor.

In Beziehung auf die Abnahme der Polarisation mit dem Wachsen des Winkels findet ein ähnliches Verhältnifs statt, dafs nämlich ebenfalls kein einfaches zwischen der Drehung und der Abnahme sich ergiebt. Ich konnte bis jetzt noch kein sicheres in Curven darstellbares Gesetz finden, was darin mit seinen Grund hat, dafs bei einer oder selbst zwei und drei Platten die Polarisation mit dem Wachsen des Winkels so rasch abnimmt, dafs es dann schwer ist, bei der geringen Intensität der Färbung sichere Schätzungen vorzunehmen. Aus meinen bisherigen Beobachtungen ergiebt sich wenigstens kein Parallelismus der Curven für eine oder zwei Platten, die für 6°, 12°, 18°, 24° derselben construirt sind. Beobachtet man einfach durch die kleinen Oeffnungen die Farbenintensität, so ergiebt sich, dafs schon bei 35° Neigung einer Platte zum Strahl kaum mehr Farben wahrgenommen werden können, nimmt man aber den (Objectiv-) Verschlufs der Röhre hinweg, so dafs man die ganzen Platten übersehen kann, so bemerkt man noch beim Drehen des Nicols schwache Farbenwandlungen für

1	Platte	bei	55°
2	»	»	63½
3	»	»	70
6	»	»	75
10	»	»	80 — 83°

Diese Zahlen möchten wohl ziemlich die Gränzen angeben, bei welchen mit dieser Vorrichtung noch Polarisation des Lichtes wahrzunehmen ist.

Aehnliche Resultate erhält man auch, wenn man bei einem Nörremberg'schen Polarisationsapparate Glastäfelchen als Analyser anwendet und es möchte diefs die einfachste Art seyn, um sich ohne Weiteres davon zu überzeugen, dafs mit dem Abnehmen des Winkels, unter dem ein Lichtstrahl eine Glasplatte trifft, die Polarisation zunimmt.

XIII. *Ueber die Abhängigkeit der Verdunstung von der Gröfse der exponirten Oberfläche;* *von C. G. Reischauer.*

Man hat sich gewöhnlich damit beschieden, die von einer Flüssigkeitsoberfläche ausgehende Verdunstung schlechtweg proportional der Gröfse der exponirten Oberfläche anzunehmen. In den Fällen der Praxis ist indefs die Verdunstung fast immer eine Function einer Menge von Nebeneinflüssen, wie Luftbewegung u. s. w., die auf verschiedene Oberflächen offenbar von keinem der Gröfse der letzteren proportionalen Einflusse sind. Wenn ein Luftstrom über eine exhalirende Oberfläche hinstreicht, so wird er am Rande, wo er dieselbe betritt, sich sofort mit resp. Wasserdunst schwängern, und in der sich nun bereits unter einem gröfsern Dunstdruck befindenden Luftschicht wird bei ihrem

Gange über die Verdunstungsoberfläche offenbar auch eine langsamere oder schwächere Wasserabgabe der letzteren statthaben. Wie sehr diese Einflüsse von Belang sind sollen die angefügten Belege darthun. Wie allgemein man dieselbe aber auch vernachlässigte, beweist die noch verhältnifsmäfsig neue Darlegung dieses Verhältnisses seitens eines namhaften Gelehrten [1]) in den Worten: »Man weifs, dafs Flüssigkeiten proportional ihrer Oberfläche verdampfen« und weiter »wenn zwei Pfund Wasser aus einer Schüssel mit 1 □Fufs Oberfläche binnen 30 Stunden verdunsten, so verdunsten sie bei einer Ausbreitung auf 1800 □Fufs binnen einer Minute«. In nicht bewegten Medien (im Exsiccator, Vacuum etc.) wird sich der wirkliche Erfolg allerdings wohl ziemlich diesem Gesetze anpassen; ganz anders aber wird das Resultat unter den gewöhnlichen Umständen eines über die Verdunstungsoberfläche hinstreichenden Luftstroms sich herausstellen.

Für atmidometrische Beobachtungen ist ein derartiger Irrthum von gröfstem Einflusse. Verdunstungsatmometer verschiedener Gröfsen werden stets stark, ja wie unsere Belege zeigen werden, bis zur völligen Unbrauchbarkeit von einander abweichende Werthe der Verdunstung angeben. Atmidometer verschieden grofser oder verschieden gestalteter Oberflächen behufs der Vergleichung unter der obigen Voraussetzung der Proportionalität zwischen Verdunstung und Oberflächen, etwa wie üblich auf 1 Quadratdecimeter oder 1 Quadratmeter Oberfläche zu reduciren, würde unter Umständen zu aller exacten Forschung gradezu hohnlachenden Werthen führen. Es würde wohl äufserst schwer halten sämmtliche Nebeneinflüsse, denen das Atmidoskop ausgesetzt ist, in einer Weise vollständig zu beherrschen, die eine derartige Reduction zuliefse, woher dann die Atmidometrie überhaupt noch einen sehr niedrigen wissenschaftlichen Standpunkt inne hat. Es ist schade, oft mit grofsem Fleifse durchgeführte atmidometrische Bestrebungen an der Vernachlässigung der berührten Abhängigkeit scheitern zu sehen. Noch

1) Dingler, polytechn. Journ. Jahrg. 1851, S. 200.

aus der jüngsten Zeit datirt eine umfassende Arbeit über dieses Thema, deren Ausführung auf den gröfsten Eifer für die Sache und den ausdauerndsten Fleifs schliefsen läfst: die von der Rostocker philosophischen Facultät gekrönte Preisschrift des Hrn. St. med. F. E. Schulze [1]), in welcher runde Atmometer von etwa 2 Quadratdecimeter und 0,5 Quadratdecimeter und quadratische von 1 Decimeter verglichen werden. Dieselbe, 12 an der Zahl, waren aufserdem zum Theil mit verschiedenen Erdarten und Gewächsen beschickt, wodurch sie offenbar noch besonderen Complicationen unterlagen.

Es ist indefs nicht unsere heutige Aufgabe, diese Verhältnisse speciell vom Standpunkte des Meteorologen aus zu erörtern; sie werden vielleicht selbst durch diese Notiz zu einigen directen Versuchen veranlafst. Wir hatten schon im Frühling 1856 uns ernsthaft mit dieser Frage befafst und ihre Lösung damals von rein physikalischer Seite angestrebt, mufsten jedoch der Ungunst der Verhältnisse unterliegend davon abstehen und geben daher in der vorliegenden Mittheilung nur einige auf die Verhältnisse, in denen die spontane Verdunstung in dem engeren Kreise des Laboratoriums zur Verwendung gelangt, abzielende Belagversuche wieder, die indefs über ihr begränzteres Feld wohl ein hinlänglich klares Bild entwickeln und vielleicht für eine weitere Ausdehnung des Studiums der berührten Abhängigkeit der Verdunstung anderweitig als Anregung dienen.

Speciell interessiren uns hier also nur die Fälle, wie sie in der Praxis des Laboratoriums vorkommen, und die sich als concrete Einzelfälle leicht experimentell verfolgen liefsen.

Drei flache runde Glasgefäfse von verschiedenem Durchmesser wurden nach dem Füllen mit Wasser bis nahe zum Rande, um den Einflufs der Höhe der Gefäfswandung, der namentlich von Bedeutung ist, möglichst herabzustimmen, einfach durch Aussetzen an die Luft im Laboratorium, wie in

1) Beobachtungan über Verdunstung im Sommer 1859. Eine von der philosophischen Facultät zu Rostock gekrönte Preisschrift. Rostock, Druck von Adler's Erben.

den gewöhnlichen Fällen der spontanen Verdunstung dieser unterworfen. Wir wollen der Kürze halber diese drei Gefäfse, der wachsenden Gröfse ihrer Oberfläche nach, durch *A*, *B*, *C* bezeichnen. Die freie Oberfläche des darin exponirten Wassers ergab sich zu:

	Durchmesser	Oberfläche
A	41,7 Millim.	1365,7 □Millim.
B	69,5 »	3793,7 »
C	97,8 »	7512,2 »

Die Gewichtsverminderung durch freiwillige Verdunstung der am 25. October in einem Dreiecke von etwa 1 Fufs Seite aufgestellten Gefäfse (Atmidometer) ergab sich nun nach fünf Tagen durch Wägungen:

Gefäfs *A*, vor der Exposition	92	Grm.
» nach derselben	85,97	»
D. h. Abnahme	6,03	»
Gefäfs *B*, vor der Exposition	105	»
» nach derselben	89,11	»
D. h. Abnahme	15,89	»
Gefäfs *C* vor der Exposition	230,00	»
» nach derselben	202,86	»
D. h. Abnahme	27,14	»

Es handelt sich nun darum diese durch die Beobachtung gefundene Daten untereinander zu vergleichen. Wählt man in dieser Absicht für die Verdunstungswerthe in allen drei Gefäfsen als gemeinschaftliches Maafs eine Oberfläche von 1 □Decim., wie man es wohl für meteorologische Beobachtungen zu thun pflegt, so ergiebt sich die dafür aus den drei Atmometern, unter der Voraussetzung der Proportionalität zwischen Verdunstung und Oberfläche abgeleitete Dunstbildung wie folgt:

In *A* lieferte 1 □Decim.	44,5	Grm.
» *B* » » »	41,89	»
» *C* » » »	36,13	»

Aus einem Vergleich dieser Zahlen erhellt schon, wie weit die gröfsere Oberfläche im Verhältnifs hinter der kleinern in ihrer Dunstlieferung zurückblieb. Letztere (*C*) fand

sich schon bei diesem geringen Gröfsenunterschiede um etwa $\frac{2}{9}$ herabgestimmt, sie lieferte um $\frac{2}{9}$ Wasserdampf weniger als bei stattfindender Proportionalität sich aus dem kleinen Gefäfse (*A*) würde abgeleitet haben.

Noch anschaulicher dürfte dieses Verhältnifs werden, wenn man die Oberfläche des kleinen Gefäfses gleich 1 setzt und als Maafs der Verdunstung in den beiden verglichenen Gefäfsen benutzt. Man erhält alsdann für das Verhältnifs der drei Oberflächen:

Oberfläche von	*A*	1
» »	*B*	2,7778
» »	*C*	5,5005.

Dagegen verhalten sich die diesen Oberflächen zugehörigen Verdunstungen, die im kleinen Gefäfse auch wieder = 1 gesetzt, wie:

Verdunstung in	*A*	1
» »	*B*	2,6351
» »	*C*	4,5008.

Ein vergleichender Blick auf die beiden Reihen von Zahlenverhältnissen, beweist wieder leicht, wie rasch die Dunsterzeugung bei wachsender Oberfläche abnimmt. Während in runden Zahlen

die Oberfläche wuchs wie 100 : 278 : 550
wuchs die Dunstmenge wie 100 : 264 : 450.

Ein analoges Resultat lieferte eine zweite Versuchsreihe mit denselben drei Gefäfsen, wobei die Exposition vom 30. Oct. bis 9. Nov. währte. Es wurde dabei erhalten:

Gefäfs *A*, bei der Exposition	92	Grm.
» nach derselben	76,37	»
D. h. Abnahme	15,63	»
Gefäfs *B*, bei der Exposition	105	»
» nach derselben	65,65	»
D. h. Abnahme	39,35	»
Gefäfs *C*, bei der Exposition	230	»
» nach derselben	160,66	»
D. h. Abnahme	69,34	»

Hieraus ergiebt sich wie oben wieder die von 1 Quadratdecimeter gelieferte Dunstmenge zu:

1 □ Decimeter lieferte in	*A*	114,44	Grm.
» » »	*B*	106,14	»
» » »	*C*	92,30	»

und ebenso für die durch die Verdunstung in *A* als Einheit gemessene Dunsterzeugung der beiden andern Gefäfse ergiebt sich wieder, dieselbe gleich mit dem Resultate des ersten Versuches nochmals zusammengestellt:

Gefäfs.	Verhältnifs d. Oberfläche.	Verhältnifs der Verdunstung. Im 1. Versuch.	Im 2. Versuch.
A	1	1	1
B	2,7778	2,6351	2,5176
C	5,5005	4,5008	4,4363.

In diesem letzten Versuche erhielten sich also Oberflächenwachsthum und Dunstvermehrung wie:

Oberfläche	100 : 278 : 550
Dunstmenge	100 : 252 : 444.

In einem weitern Versuche wurde nun noch ein gröfseres Gefäfs den drei frühern Atmometern angefügt, das wir also mit *D* bezeichnen wollen. Die Oberfläche desselben ergab sich aus dem Durchmesser zu:

Durchmesser	182 Millim.
D. h. Oberfläche	26016 □ Millim.

Die abermalige gleichzeitige Aufstellung der vier Gefäfse ergab nun vom 29. Nov. bis 3. Dec. eine resp. Verdunstung wie:

Gefäfs *A*, bei der Exposition	92,00	Grm.
» nach derselben	82,81	»
D. h. Abnahme	9,19	»
Gefäfs *B*, bei der Exposition	105	»
» nach derselben	81,02	»
D. h. Abnahme	23,98	»
Gefäfs *C*, bei der Exposition	230,00	»
» nach derselben	188,87	»
D. h. Abnahme	41,13	»

Gefäfs *D*, bei der Exposition	710,00	Grm.
» nach derselben	593,65	»
D. h. Abnahme	116,35	»

Berechnet man hieraus nun wieder wie oben die für 1 □ Decimeter gelieferte Dunstmenge, so erhält man folgende Zusammenstellung:

Gefäfs	Oberfläche.	Dunstbildung auf 1 □ Decimeter.
A	1365,7 □ Millim.	67,29 Grm.
B	3793,7 »	63,08 »
C	7512,2 »	54,75 »
D	26016 »	44,72 »

Hieraus leuchtet der durch die frühern Beispiele bereits dargelegte Einflufs der Oberflächengröfse augenfällig hervor. Es war offenbar die Verdunstung in den gegen *A* neunzehn Mal gröfseren Gefäfse bereits um ein volles Drittel herabgestimmt.

Stellen wir nun auch die Resultate dieses Versuches nochmals in der Weise zusammen, dafs wir die in dem kleinsten Gefäfse gelieferte Dunstmenge und die zugehörige Oberfläche als Maafseinheit für die der andern drei Atmometer nehmen, so erhalten wir folgendes Schema:

Gefäfs.	Oberfläche.	Erzeugte Dunstmenge.
A	1	1
B	2,7778	2,6039
C	5,5005	4,4755
D	19,049	12,660.

Oder es verhalten sich in runden Zahlen:

die Oberflächen wie	100 : 278 : 550 : 1905
dagegen die Dunstmengen wie	100 : 260 : 448 : 1266.

Diese Zahlenwerthe schliefsen sich unmittelbar an die Praxis und geben ein Bild der Abhängigkeit der Verdunstung von der Oberflächengröfse mit Einschlufs sämmtlicher Nebeneinflüsse. Ein Paar derselben glauben wir jedoch noch für die Beurtheilung des theoretischen Werthes dieser Angaben ein wenig näher berühren zu müssen. Diese sind der Einflufs der freistehenden Höhe der Gefäfswan-

dung und die Krümmung der exhalirenden Oberfläche durch die Flächenanziehung der Wandung. Der erstere macht sich offenbar in einer dem Wachsthum der Oberfläche entgegengesetzten Weise geltend. Die gleich hoch frei über die Flüssigkeit hervorragende Wandung zweier verschieden grofser Atmometer wird bei dem kleinern offenbar eine relativ viel beträchtliche Verlangsamung der Verdunstung als bei dem gröfsern bewirken. Dieser Einflufs findet auch schon bei unsern Versuchen statt und läfst als Resultat derselben zum Nachtheil des augenfälligen Hervortretens unserer Eingangsbehauptung die Verlangsamung der Dunstbildung bei wachsender Oberfläche zu gering erscheinen. Wenn in beiden verschieden grofsen Atmometern die Verdunstung voranschreitet, so sinkt das Niveau in dem kleinern wegen der verhältnifsmäfsig rascheren Dunsterzeugung auch schneller als in dem gröfsern, während zugleich in der zunehmenden Höhe der freistehenden Gefäfswandung ein energisches Hindernifs der Verdunstung wächst. Es mufs daher nach einer gewissen Zeit ein Moment eintreten, wo wirklich beide Atmidometer eine ihrer Oberfläche proportionale Verdunstung angeben, über diesen hinaus wird nun aber ein umgekehrtes Verhältnifs stattfinden und nun vielmehr das gröfsere Atmometer eine relativ gröfsere Dunstmenge liefern, wie es der directe Versuch auch bestätigt. Dieser Umstand erschwert die Vergleichung verschiedener Atmidometer aufserordentlich.

Ein Belagversuch nach dieser Richtung mag hier noch beigebracht werden. In demselben wurden die Gefäfse absichtlich nicht bis zum Rande gefüllt, sondern nur partiell, so dafs ein Theil der Wandung noch über die Flüssigkeit hervorragte. Es wurden dabei die Gefäfse *A* und *D* als die extremen Fälle unserer Beobachtungsreihen verwandt, und ergab sich für dieselben:

	Gewicht	freie Wandung
Gefäfs *A*	74,23 Grm.	17 Millim.
B	710 »	7 »

Die Exposition dauerte vom 8. bis 12. December und war alsdann:

Gefäfs *A*	68,60	Grm.
D. h. Abnahme	5,63	»
Gefäfs *B*	596,1	»
D. h. Abnahme	113,9	»

Setzt man nun wieder Verdunstung und Oberfläche im Gefäfse $A = 1$, so ergiebt sich für das Verhältnifs zwischen den Dunstbildungen und Oberflächen:

	Verdunstung	Oberflächen
$A : D =$	1 : 20,231	1 : 19,049.

Die gröfsere Oberfläche lieferte also wirklich bereits bei den angegebenen Höhen der Gefäfswandungen auch eine gröfsere Dunstmenge.

Zur Darlegung des grofsen Einflusses, den die Gefäfswandungshöhe auf das Voranschreiten der Verdunstung hat, schalten wir beispielsweise einen Versuch, den wir vor einigen Jahren nach dieser Richtung anstellten, ein. Für denselben dienten zwei cylindrische Glasgefäfse von genau gleichem Durchmesser = 56,5 Millim. Von ihnen war das eine völlig mit Wasser angefüllt, während das andere eine freie Wand von 150 Millim. über der Flüssigkeit zeigte. Die Verdunstung in beiden gestaltete sich nun wie folgt:

	Volles Gefäfs	Gefäfs mit 150 Millim. freier Wandung
den 5. März	561,31 Grm.	202,30 Grm.
» 8. »	542,75 »	192,43 »
» 11. »	527,70 »	184,34 »
D. h. Ab.	33,61 »	17,96 »

Unter dieser Anordnung war also in dem Gefäfse mit 150 Millim. freier Wandung die Verdunstung bereits etwa auf die Hälfte herabgesunken, woraus wieder erhellt, wie sehr man bei atmidometrischen Bestimmungen diesem Factor Rechnung zu tragen habe.

Der andere auf die Angabe unserer Verdunstungsmesser einwirkende Umstand — die Krümmung der freien Oberfläche infolge der Capillarerscheinung — würde bei Admi-

dometern von sehr kleinen Dimensionen offenbar gleichfalls von wesentlichem Einflufs seyn. Die dadurch entstandene Flächenvergröfserung wird sich indefs bis zu einem gewissen Gerade mit dem Hand in Hand mit ihr gehenden Wachsthum der freien Wandungshöhe ausgleichen. Um diese Alteration übrigens möglichst herabzustimmen wählten wir gleich für unser kleinstes Atmometer Dimensionen (41,7 Millim. Durchmesser), die den Einflufs dieses Umstandes sehr abschwächen mufsten. Offenbar fällt derselbe beim Vergleich mit der neunzehn Mal gröfseren Oberfläche des Gefäfses *D* sehr gering aus; denn wollte man z. B. die vorwiegende Verdunstung im kleinen Gefäfse (*A*) aus dieser Quelle der Oberflächenvergröfserüng ableiten, so würde dieselbe dadurch eine Vergröfserung von nicht weniger als die Hälfte ihrer selbst (denn statt einer aus dem grofsen Atmometer ableitenden Verdunstung von 44,72 Grm. par. □Decim. lieferte sie in Wirklichkeit 67,29 Grm.) erfahren müssen, wogegen der aus der Capillarität erwachsende wirkliche Zuwachs offenbar verschwindend klein ist.

Wir glauben, diese Hindeutung auf die Abhängigkeit der Verdunstung von der Oberflächengröfse in den Fällen gewöhnlicher Praxis, wird dieselbe für den angestrebten Zweck klar darlegen. Es war nicht unsere Absicht die Relation zwischen beiden in einen mathematischen Ausdruck zu bringen, wofür ein zur Zeit vielleicht noch kaum disponibeler wissenschaftlicher Apparat erforderlich seyn würde, und wir genügen uns daher auf diese Einflüsse, die bis jetzt wohl zu gering geschätzt wurden, überhaupt und im Allgemeinen, wie auf ihre Wichtigkeit für Atmidometrie und daraus abgeleitete Resultate (Dunstlieferung von Seen u. s. w.) hingedeutet zu haben.

München, den 8. August 1861.

XIV. *Flüssigkeits-Diffusion, angewandt auf Analyse; von Thomas Graham.*

(*Proceed. of the R. Soc. Vol. XI, p.* 243, auch *Compt. rend. T. LIII, p.* 275.)

Die ungleiche Diffusibilität der verschiedenen Substanzen in Wasser scheint Trennungsmittel darzubieten, nicht unähnlich denen, die man seit lange auf die ungleiche Flüchtigkeit gegründet hat. Denn bei der Diffusion giebt es eine Klasse *flüchtiger* Substanzen und eine *feuerfester* Substanzen und diese Verschiedenheiten scheinen sich auf fundamentale Unterschiede in der Molecularconstitution der Körper zu beziehen. Es ist ein schätzbarer Charakter der Diffusion, dafs sie Mittel liefert, die unterscheidenden Eigenschaften zweier anscheinend grofsen Abtheilungen chemischer Substanzen klar festzusetzen und einem numerischen Ausdruck zu unterwerfen.

Die erste Klasse, die der *diffusiven* Substanzen ist charakterisirt durch ihre Tendenz zum Krystallisiren, sey es für sich oder in Verbindung mit Wasser.

Sind die Substanzen gelöst, so werden sie mit einer gewissen Kraft vom Lösemittel zurückgehalten, und andrerseits ändern sie die Flüchtigkeit des Wassers ab. Die Lösung ist im Allgemeinen nicht schleimig und hat immer Geschmack. Ihre Reactionen sind kräftig und gehen schnell vor sich. Diefs ist die Klasse der *Krystalloïde.*

Die andere Klasse, von schwacher Diffusibilität, kann die der *Colloïde* genannt werden, da ihr Typus die thierische Gallerte zu seyn scheint. Ihre Tendenz zum Krystallisiren ist Null oder sehr schwach und ihre Structur glasartig. Die harten und brüchigen Krystallflächen sind bei den Colloïden ersetzt durch abgerundete Umrisse mit mehr oder weniger weicher und zäher Textur. Das Krystallisationswasser ist vertreten durch Gelatinirungswasser. Die Colloïde werden nur durch eine schwache Kraft in Lösung erhalten; sie wirken

nur wenig auf die Flüchtigkeit des Lösemittels. Sie werden aus ihren Lösungen durch Zusatz von Krystalloïden gefällt. Wenn concentrirt, haben die Lösungen der Colloïde immer einen gewissen Grad von gummiger Schleimigkeit. Sie scheinen wenig oder gar keinen Geschmack zu haben *(appear to be insipid or wholly tasteless)*, sobald sie nicht im Gaumen eine Zersetzung erleiden und schmeckende Krystalloïde hervorrufen. Ihre starren Hydrate sind gallertartige Körper. Sie vereinigen sich mit Wasser mit schwacher Kraft, und das ist im Allgemeinen der Charakter der Verbindungen zwischen einem Colloïd und einem Krystalloïd, selbst wenn letzteres ein kräftiges Reagens in seiner eignen Klasse ist, z. B. eine Base. Bei chemischen Reactionen erscheint das Krystalloïd als die thätige *(energetic)*, und das Colloïd als die leidende *(inerte)* Form der Materie. Das Aequivalent des Colloïds scheint immer hoch zu seyn; es hat ein schweres Molecül. Zu den Colloïden gehören die Kieselsäure und eine Anzahl löslicher Metalloxydhydrate, von denen bisher wenig bekannt ist, ferner Stärkmehl, Gummiarten, Dextrin, Caramel, Gerbstoff, Eiweifs, thierische und pflänzliche Extractivstoffe. Vermöge ihrer eigenthümlichen Structur und chemischer Indifferenz scheinen die Colloïde geeignet zu seyn für die thierische Organisation, deren plastische Elemente sie ausmachen.

Obwohl die beiden Klassen in ihren Eigenschaften von einander abweichen, so scheint doch ein vollkommner Parallelismus zwischen ihnen zu bestehen. Ihr Daseyn in der Natur scheint eine entsprechende Theilung der Chemie in eine krystalloïde und eine colloïde zu erfordern.

Obwohl die Colloïde in gewöhnlichem Sinn chemisch unwirksam sind, besitzen sie doch eine ihnen eigene verhältnifsmäfsige Thätigkeit, welche aus ihren physikalischen Eigenschaften entspringt. Während die Rigidität der krystallinischen Structur äufsere Eindrücke ausschliefst, nähert sich die Weichheit der gallertartigen Colloïde der Fluidität, und ein Colloïd wird dadurch fähig ein Medium für flüssige Diffusion zu werden, wie Wasser selbst. In denjenigen

Colloïden, welche bei hoher Temperatur bestehen können, scheint diese Durchdringlichkeit die Form einer Cementirbarkeit anzunehmen. Dadurch entspringt bei den Colloïden eine weite Empfindlichkeit für äufsere Agentien. Eine andere ungemein charakteristische Eigenschaft der Colloïde ist ihre Veränderlichkeit *(mutability)*. Ihr Daseyn ist eine beständige Metastase. In dieser Hinsicht läfst sich ein Colloïd vergleichen mit Wasser im Zustand der Flüssigkeit unterhalb seines gewöhnlichen Gefrierpunkts oder mit einer übersättigten Salzlösung. Eine Lösung von Kieselsäurehydrat läfst sich leicht im Zustande der Reinheit erhalten, kann aber nicht aufbewahrt werden. In einer zugeschmolzenen Röhre kann sie tage- oder wochenlang flüssig bleiben, aber sicher galatinirt sie zuletzt. Die Veränderung derselben bleibt nicht einmal hiebei stehen. Denn die aus Wasser abgelagerten mineralischen Formen der Kieselsäure, wie Feuerstein, scheinen während der geologischen Perioden ihres Daseyns aus dem glasigen oder colloïdalen Zustand in den krystallinischen übergegangen zu seyn (H. Rose). Der colloïdale Zustand der Materie ist in der That ein dynamischer, der krystalloïdische dagegen ein statischer. Das Colloïd besitzt *Energie*. Es läfst sich betrachten als die wahrscheinliche primitive Quelle der Kraft, die in den Lebens-Erscheinungen auftritt, als lebende Materie ohne Form. Auf die Allmählichkeit der colloïdalen Veränderungen (denn sie erfordern immer Zeit als Element [1])) kann die chronische Natur und Perioditát der Lebens-Erscheinungen schliefslich bezogen werden.

Zur gegenseitigen Trennung ungleich diffusiver Krystalloïde benutzte man die Flaschen-Diffusion (*Jar-Diffusion*). Die gemischte Lösung wurde mittelst einer Pipette auf den Boden einer Wassersäule gebracht, die in einer cylindrischen Glasflasche enthalten war. Es tritt eine Art von Cohobation ein, indem eine Portion der diffusivesten Substanz aufsteigt und sich von den weniger diffusiven trennt, um so vollständiger, als sie sich erhebt.

1) Eine Veränderung ohne Zeit ist ja auch überhaupt undenkbar. (*P.*)

Die Trennung eines Krystalloïds von einem Colloïd wird am besten bewirkt, wenn man die Diffusion verbindet mit der Wirkung einer Scheidewand *(septum)*, die aus einer unlöslichen colloïdalen Substanz besteht. Zu letzterem Zwecke ist dienlich thierische Membran, oder ein Häutchen gelatinöser Stärke, Gallerthydrat selbst, Eiweifs oder thierischer Schleim. Allein die wirksamste Scheidewand, die gebraucht wurde, war das durch Schwefelsäure metamorphosirte Papier (Gaine). Es wird jetzt von den HH. De la Rue verfertigt und ist unter dem Namen *vegetabilisches Pergament* oder *Pergamentpapier* bekannt. Es wurde aus Guttapercha ein flacher Reif von 8 bis 10 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Höhe gebildet, und derselbe an einer Seite mit Pergamentpapier überzogen, sonach also ein siebartiges Gefäfs gebildet. Auf diese Scheidewand gofs man eine gemischte Lösung, z. B. von Gummi und Zucker, bis zur Höhe eines halben Zolls, und liefs dann das Instrument auf einer beträchlichen Menge Wassers schwimmen, die in einem Becken enthalten war. Innerhalb 24 Stunden diffundirten drei Viertel des Zuckers, und so frei von Gummi, dafs er von Bleiessig kaum getrübt ward und bei Verdunstung des äufseren Wassers auf einem Sandbade krystallisirte.

Die ungleiche Wirkung der Scheidewand, welche die eben beschriebene Trennung hervorbrachte, scheint auf Folgendem zu beruhen. Der krystalloïdische Zucker ist fähig, aus der wasserhaltigen colloïdalen Scheidewand Wasser aufzunehmen und somit ein Diffusions-Medium zu bilden; das colloïdale Gummi dagegen hat wenig oder keine Macht das Wasser derselben Scheidewand abzuscheiden, und öffnet daher nicht die Thür zu seiner Entweichung durch Diffusion, wie es der Zucker thut. Diese trennende Wirkung der colloïdalen Scheidewand kann *Dialyse* genannt werden.

Die Dialyse wurde zur Darstellung verschiedener Colloïde angewandt. Man brachte eine gemischte Lösung, erhalten durch Eingiefsen von kieselsaurem Natron in mit Chlorwasserstoffsäure angesäuertes Wasser, auf einen Dia-

lyser von Pergamentpapier und liefs sie in Wasser diffundiren, welches ab und zu erneut ward. Nach Verlauf von fünf Tagen fanden sich sieben Achtel der ursprünglichen Kieselsäure im flüssigen Zustand auf der Scheidewand und so frei von Chlorwasserstoffsäure und Chlornatrium, dafs sie keinen Niederschlag mit saurem salpetersaurem Silber gaben. Wahres Thonerdehydrat und Hrn. Crum's Metathonerde wurden durch dialysirende Lösungen dieser Oxyde in dem Chlorid und dem Acetat desselben Metalles löslich erhalten. Ebenso das Eisenoxydhydrat in Zusatz zu dem Metaeisenoxydhydrat des Hrn. Péan de St. Gilles, und das lösliche Chromoxydhydrat. Die Varietäten des Berlinerblaus wurden durch Dialysirung ihrer Lösung in kleesaurem Ammoniak löslich erhalten, wobei das letztere Salz fortdiffundirte. Zinn- und Titansäure erschienen als unlösliche gelatinöse Hydrate.

Eine Lösung von arabischem Gummi (Gummat von Kalk), nach Zusatz von Chlorwasserstoffsäure dialysirt, gab sogleich reine Frémy'sche Gummisäure. Eiweifs erhielt man löslich im Zustande der Reinheit, indem man es mit einem Zusatz von Essigsäure diffundirte.

Caramel von Zucker, durch wiederholte Fällung mit Alkohol und nachherige Dialyse gereinigt, enthält mehr Kohlenstoff als irgend einer der caramelartigen Körper des Hrn. Gélis; es bildet im concentrirten Zustande eine zitternde Gallerte und erscheint entschieden colloïdal. Der Caramel hat, wie alle Colloïde, eine lösliche und eine unlösliche Modification. Die letztere wird wieder löslich durch successive Wirkung von Alkali und von Essigsäure, und nachherige Dialyse.

Die Dialyse erweist sich höchst nützlich zur Abscheidung der arsenigen Säure und anderer Metallgifte von organischen Flüssigkeiten. Entfasertes Blut, Milch und andere organische Flüssigkeiten, mit einigen wenigen Grammen arseniger Säure versetzt und auf den Dialyser gebracht, theilten den gröfseren Theil der arsenigen Säure im Laufe von 24 Stunden dem äufseren Wasser mit. Das

Diffusat war so frei von organischer Substanz, dafs das Metall sich leicht durch Schwefelwasserstoff fällen und quantitativ bestimmen liefs.

Eis, bei oder nahe bei seinem Schmelzpunkt, scheint eine colloïdale Substanz zu seyn und zeigt einige Aehnlichkeit mit fester Gallerte hinsichtlich der Elasticität und der Tendenz zu spalten und beim Contact sich wieder zu vereinigen.

Die Betrachtung der Eigenschaften gelatinöser Colloïde scheint zu zeigen, dafs die Osmose ein Effect der Dehydration des gelatinösen Septums unter Einflüssen von katalytischem Charakter ist und dafs das Phänomen nicht auf Diffusion beruht. Das colloïdale Septum ist fähig, sich beim Contact mit reinem Wasser stärker zu hydratiren als beim Contact mit alkalischer Lösung. Colloïdale Septa, die in Folge des Contacts mit verdünnter Säure oder verdünntem Alkali angeschwollen sind, scheinen durch ihren ungewöhnlich hohen Grad von Hydratirung, eine gröfsere Empfindlichkeit für die Osmose zu erlangen.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

1861. ANNALEN № 10
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXIV.

I. *Ueber die elektrischen Ringfiguren; von Peter Riefs.*

(Auszug aus den Abhandl. d. Akad. d. Wiss. physik. Kl. 1861. S. 1—33.)[1]

In einer der Akademie im Jahre 1846 mitgetheilten Abhandlung[2]) habe ich acht Arten von elektrischen Zeichnungen aufgeführt, unter welchen nur Eine Art genannt werden konnte, die verschieden geformt erscheint, je nachdem sie durch positive oder negative Elektricität gebildet wird. Es sind diefs die, zuerst von Lichtenberg 1777 dargestellten Staubfiguren, welche eben durch diese Formverschiedenheit die bei Weitem bekanntesten aller elektrischen Zeichnungen geworden sind. Führt man einer isolirenden Platte einen elektrischen Funken zu, so verbreitet sich die Elektricität auf der Platte in einer bestimmten, durch aufgestreuten Staub erkennbaren Form, die völlig verschieden ist, je nachdem die zugeführte Elektricität positiver oder negativer Art war. Oder setzt man normal gegen die beiden Flächen einer isolirenden Platte in gerader Linie zwei Drähte, von welchen der eine isolirt, der andere zur Erde abgeleitet ist, und theilt man dem isolirten Drahte Elektricität einer Art mit, die mit einem Funken auf die eine Oberfläche der Platte übergeht, so geht Elektricität derselben Art von der zweiten Oberfläche zum abgeleiteten Drahte, und die beiden Flächen zeigen die entgegengesetzten Staubfiguren. In dieser belehrendsten Form zeigt der Versuch, dafs der elektrische Strom, je nachdem er in eine isolirende Platte eintritt, oder aus derselben austritt, die

1) Gelesen am 14. und 18. Febr. 1861.
2) Diese Annalen Bd. 69, S. 1.

eine und die andere Staubfigur bildet, und ich habe nachgewiesen, dafs diefs nur dann geschieht, wenn der Strom in der Nähe der Platte discontinuirlich ist, das heifst mit Funken sich fortpflanzt. Der elektrische Strom ist hier in den beiden Drähten getrennt vorhanden, und die ihn bildenden beiden Elektricitäten gleichen sich nicht aus, sondern kommen auf den entgegenstehenden Flächen der isolirenden Platte zur Ruhe. Eine Ausgleichung der Elektricitäten erhält man, wenn statt der isolirenden Platte eine Metallplatte zwischen die beiden Drähte gestellt wird, und dann ist es, wie man sogleich sieht, unnöthig, dafs die Enden der Drähte einander gegenüberstehn, sie können über beliebige Stellen der Oberflächen, oder, was am bequemsten ist, über verschiedene Stellen einer und derselben Oberfläche der Platte gebracht werden. In allen Fällen geht dann der positive Strom mit einem Funken von dem einen Drahte zur Platte, und von der Platte zum andern Drahte über, die beiden berührten Stellen der Platte befinden sich also in Bezug auf den Strom in entgegengesetzter Lage, gerade so wie sich die beiden Flächen der isolirenden Platte bei der Bildung der Staubfiguren befanden. Staubfiguren können sich aber, ihrer Natur nach, auf der Metallplatte nicht bilden, es entstehen andere Arten von Figuren. Nach einmaligem oder öfterem Uebergange des Stromes ist jede der beiden Stellen der (polirten) Platte unter den Drahtspitzen dadurch gekennzeichnet, dafs durch Behauchung eine helle Scheibe auf getrübtem Grunde entsteht. (Hauchfiguren). Ist der Strom eine gewisse, nach dem Metalle der Platte verschiedene, Anzahl von Malen übergegangen, so sind die Uebergangsstellen dauernd sichtbar; sie zeigen eine dunkle Scheibe, die von mehr oder weniger gefärbten Ringen umgeben ist. Diefs sind die unter dem Namen der Priestley'schen Ringe seit 1768 bekannten Figuren, von denen bisher ausgesagt worden ist, dafs sie von der Richtung des sie bildenden Funkenstromes unabhängig sind. Und in der That sind bei der gebräuchlichen Art, den Versuch anzustellen, die bei

verschiedener Richtung des Stromes gebildeten Priestley'schen Ringe einander sehr ähnlich, da ihre wesentliche Verschiedenheit häufig geringer ist, als ihre schwer zu vermeidenden zufälligen Ungleichheiten. Bei einer Aenderung des Versuchs habe ich eine charakteristische Verschiedenheit der Ringfiguren verschiedenen Namens gefunden, und habe diese Verschiedenheit gröfser machen können, als sie bei den ungleichnamigen Staubfiguren jemals beobachtet worden ist[1]). Dadurch dürfte sich das Interesse, das bisher allein den Staubfiguren zugewendet war, auch auf die Ringfiguren erstrecken, ja in erhöhtem Maafse, da die letzteren ein Gebilde des vollständigen, nicht des unterbrochenen elektrischen Stromes sind. In der historischen Einleitung werden die Untersuchungen von Priestley, Nobili, Matteucci und Grove mitgetheilt.

Positive und negative Ringfiguren.

Die beiden Kugeln einer Funkenflasche, die an einer Batterie als Maafsflasche dient, werden an den Uebergangsstellen der Funken mit Priestley'schen Ringen bedeckt. Mit der vollständigen Ausbildung dieser Ringe ist eine merkliche Vergröfserung der Elektricitätsmenge verbunden, welche die Entladung der Flasche bewirkt, so dafs man gezwungen ist, andere Stellen der Kugeln zur Entladung zu benutzen, und, wenn alle brauchbaren Stellen verwendet sind, die Kugeln zu poliren. Hierbei hatte ich häufig die gebildeten Figuren beobachtet, aber keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Figuren der einen und andern Kugel bemerkt, wenn auch die Flasche stets mit positiver Elektricität geladen gewesen war. Die Figuren bestanden auf jeder (Kupfer-) Kugel aus einer schwarzen etwa $\frac{1}{2}^{mm}$ breiten Scheibe, von einem polirten Gürtel umgeben, der mit einem gefärbten, gewöhnlich braunen Kreise gesäumt war. Aber beim Poliren zeigte sich eine merkliche Verschiedenheit. Während die äufsere, mit der äufsern Belegung der Flasche verbundene, Kugel mit Oel und einem

1) Monatsbericht d. Akad. Klassensitzung 22. October 1860.

Putzpulver zu reinigen war, gelang diefs an der innern Kugel durchaus nicht. Es blieben nach angestrengtem Reiben die Stellen der dunkeln Scheiben sichtbar, und ich mufste die Kugel abdrehen lassen, um sie in den Zustand vor ihrem Gebrauche zu bringen. Die Ursache dieser verschiedenen Tiefe der Figuren vermuthete ich in dem dünnen 3½ Fufs langen Platindrahte, der die äufsere Kugel mit der äufsern Belegung der Flasche verband (Elektricitätslehre §. 386) und stellte die folgenden Versuche an.

§. 1.

Eine Funkenflasche von ½ Quadratfufs Belegung wurde mit zwei hellpolirten Messingkugeln versehn, die eine halbe Linie von einander entfernt waren. Die Verbindung der äufsern Kugel mit der äufsern Belegung der Flasche wurde durch eine Säule destillirten Wassers bewirkt, die sich in einer Glasröhre von 8¼ Zoll Länge und 3¾ Linie Weite befand. Die Flasche wurde durch eine Elektrisirmaschine mit positiver Elektricität geladen, bis sie sich etwa 500mal selbstentladen hatte. Auf der innern Kugel war an der Entladungsstelle eine sehr kleine schwarze Scheibe entstanden, die unter der Lupe völlig kreisrund, scharf begränzt und von einem polirten Ringe mit bräunlichem Saume eingefafst erschien. Auf der äufsern Kugel zeigte sich ein blauer braungesäumter Kranz, der eine rundliche Fläche einschlofs. Die Figuren sind hier und überall in der Folge in der Lage beschrieben, bei welcher das gespiegelte Licht des Himmels ihren Grund bildete.

Eine Leydener Flasche von 2,6 Quadratfufs Belegung wurde mit der Elektricitätsmenge 15 geladen, zu deren Messung die Kugeln meiner Maafsflasche ½ Linie von einander entfernt wurden. Der Schliefsungsbogen enthielt die eben erwähnte Wassersäule und in einer Lücke zwei vertikale Stahlnadeln, deren Spitzen $\frac{1}{24}$ Linie über einer polirten Messingplatte standen. Der Entladungsstrom ging daher von der einen Nadel zur Platte und von der Platte zur andern Nadel mit Funken über. Nach 10 Entladungen waren auf der Platte zwei Figuren entstanden. Unter der positiven

Elektrode, der Nadel, die mit der positiv elektrischen Belegung der Flasche verbunden war, erschien eine Ringfigur, die ich die *negative* nennen will. Sie bestand aus einem braungelben nicht kreisrunden Kranze, der eine leere Fläche mit dunklem Mittelpunkte einschlofs. Unter der negativen Elektrode war eine *positive* Ringfigur entstanden, aus einer schwarzen völlig kreisrunden Scheibe bestehend, und umgeben von einem schmalen polirten Ringe, der durch einen dunkeln Kreis von dem Grunde getrennt war[1]).

Gegen die Endkugel des Conductors einer Elektrisirmaschine war ein verschiebbarer, mit einer Kugel endigender Messingstab (der Funkenstab) isolirt aufgestellt. Die Entfernung der beiden Kugeln von einander giebt die Länge der übergehenden Funken. Eine auf einem Glasstabe befestigte Metallklemme war mit einer vertikalen isolirten Stahlnadel metallisch verbunden, der eine gleiche parallele, aber zur Erde vollkommen abgeleitete Nadel nahe stand. Die Ableitung dieser Nadel, wie die des Reibzeugs der Maschine geschah durch metallische Verbindung mit den Gasröhren des Hauses. Unter den Spitzen beider Nadeln, $\frac{1}{4}$ Linie von ihnen entfernt, lag isolirt eine polirte Messingplatte. Der Funkenstab wurde mit der isolirten Metallklemme durch einen 101 Fufs langen, 0,055 Linie dicken Platindraht verbunden. Bei positiver Elektricität des Conductors und einer Funkenlänge von $1\frac{1}{2}$ Linien brachten 100 Umdrehungen der Maschine die beiden Figuren auf der Messingplatte hervor. Unter der isolirten Nadel war als negative Ringfigur ein brauner runder Ring mit dunklem Mittelpunkte entstanden, unter der abgeleiteten Nadel die

1) Die Stelle einer Platte, zu der positive Elektricität von einer Spitze durch die Luft übergeht, bildet die negative Elektrode, die Stelle der Platte, von welcher positive Elektricität zu einer Spitze geht, die positive Elektrode. Die gewählte Bezeichnung der Figuren ist hiermit gerechtfertigt, hat jedoch den Uebelstand, mit der bei den Staubfiguren gebräuchlichen im Widerspruch zu seyn. Von den Staubfiguren heifst die unter einer positiv elektrischen Spitze gebildete die positive, die unter der negativen Spitze die negative. Diefs ist zu beachten, wenn man die Ringfiguren mit den Staubfiguren vergleichen will.

positive Figur, eine schwarze Scheibe mit hellem Ringe. Als an die Stelle des langen Platindrahts die Wassersäule gesetzt war, brachten 100 Umdrehungen der Maschine die negative Figur ebenso vollkommen, nur kleiner hervor als früher, als positive Figur eine scharf begränzte schwarze Scheibe, umgeben von einem polirten braun gesäumten Ringe.

§. 2.

In diesen Versuche, so oft sie auch wiederholt wurden, waren die an beiden Elektroden gebildeten Figuren so auffallend und bestimmt von einander verschieden, dafs eine Verwechselung derselben nicht möglich war. Ob diefs allein der Einschaltung des langen Drahtes und der Wassersäule in den Stromleiter, oder auch der, im Verhältnisse zu der bisher gebräuchlichen, geringen Elektricitätsmenge zuzuschreiben sey, welche die Figuren bildete, sollten die folgenden Versuche ausmachen.

Der Funkenstab wurde dem Conductor der Elektrisirmaschine bis $\frac{1}{4}$ Zoll genähert und mit der einen Nadel durch einen kurzen Kupferdraht verbunden, während die andere Nadel zur Erde vollkommen abgeleitet war. Die Spitzen der Nadeln standen $\frac{1}{2}$ Linie über einer isolirten Messingplatte. Die auf der Platte durch eine Anzahl übergegangener Funken gebildeten Figuren wurden durch ein Mikroskop mit etwa 22facher Vergröfserung betrachtet und mittels eines im Oculare befindlichen Glasmikrometers gemessen. Da der Conductor positiv elektrisirt wurde, so entstand die negative Ringfigur unter der isolirten, die positive unter der abgeleiteten Nadel. Bei der Beschreibung der Figuren ist es bequem, an ihnen drei Theile zu unterscheiden: Die *Scheibe*, eine matte Kreisfläche, deren Mittelpunkt der Fufspunkt der funkengebenden Spitze ist; den gleichfalls matten *Saum*, welcher in gleicher Entfernung von der Scheibe diese umgiebt; zwischen Scheibe und Saum den *Ringgürtel*, in welchem das Metall seine Politur behalten hat. Der Unterschied des innern Durchmessers des Saumes und des Durchmessers der Scheibe giebt die Breite des

Gürtels. Wenn die Scheibe fehlt, so umschliefst der Saum eine blanke Fläche.

Aus den in der Abhandlung mitgetheilten Versuchen folgt, dafs der von der Elektrisirmaschine ausgehende Strom, wenn er in seinem Laufe zur Erde verzögert wird, auf den, durch ihn positiv und negativ gewordenen Stellen einer Messingplatte sehr verschiedene Figuren bildet. Die *positive* Figur besteht aus einer kreisrunden schwarzen Scheibe, diese von einem blanken oft farbigen Gürtel, dieser von einem matten rothgelben Saume umgeben; die *negative* Figur aus einer blanken nicht immer kreisrunden Fläche, die von einem matten rothgelben Saume eingefafst wird. Jede Figur ist, ohne Vergleichung mit der ihr ungleichnamigen, mit gröfster Sicherheit zu benennen. Ferner hat die positive Figur stets schärfere Umrisse, als die negative, und die vom Saume eingefafste Fläche ist an der positiven kleiner, als an der negativen Figur. Die beiden letzten Kennzeichen kommen auch bei vollkommener Leitung des elektrischen Stromes vor, bedürfen dann aber zu ihrer Erkennung einer genauen Vergleichung beider Figuren.

§. 3.

Gröfse und Ausbildung der Figuren nehmen zu, innerhalb einer gewissen Gränze, mit der Menge der zu ihrer Bildung benutzten Elektricität. Die zu ihrer vollständigen Ausbildung nöthige Elektricitätsmenge ist verschieden, wie sich weiter unten zeigen wird, nach dem Metalle, auf dem die Figuren gebildet werden und ist bei der positiven Figur kleiner, als bei der negativen. Die Figuren sind daher verschiedener wenn sie durch eine geringe, als wenn sie durch eine grofse Elektricitätsmenge gebildet wurden. Der Einflufs der anderen Bedingungen des Versuchs auf die Figuren wurde, wie folgt, bestimmt.

Mit der Länge der vom Conductor gezogenen Funken steigt die Dichtigkeit und Menge der Elektricität, die zwischen den Spitzen und der Metallplatte übergeht. Benutzt man daher eine gleiche Anzahl Funken, so geben die längern Funken die gröfseren und vollkommneren Figuren.

Es wurden die Spitzen ½ Linie über die Messingplatte gestellt, und bei Einschaltung der Wassersäule 200 Funken vom Conductor genommen. Als diese Funken 3 Linien lang waren, zeigte die positive Figur eine schwarze 0,05 Linie breite Scheibe, im Gürtel einen gelben und einen blauen Ring, einen gelben Saum von 0,13 Linie Durchmesser; die negative Figur eine blanke Kreisfläche, umgeben von einem 0,22 Linie breiten Saume. Bei einer Funkenlänge von 1 Zoll war die positive Scheibe 0,05 Linie breit, die Ringe des Gürtels lebhaft roth, gelb, blau, der Durchmesser des Saumes 0,18 Linie; der Saum der negativen Figur mafs 0,24 Linie im Durchmesser.

Die Entfernung der Spitzen von der Platte, wenn sie eine gewisse Gränze übersteigt, vermindert die Schärfe der Figuren. Eine Messingplatte wurde vertikal aufgestellt, die beiden Stahlnadeln waren normal gegen die Fläche an Metallarmen und diese an einem Glasstabe befestigt, der mittels einer Schraube mefsbar zu verschieben war. Die Figuren wurden durch 200 Funken von ½ Zoll Länge gebildet. Bei ½ und ¼ Linie Entfernung der Spitzen von der Platte war die positive und negative Figur vollständig ausgebildet, bei der Entfernung von 1 Linie aber nur die positive. Die negative Figur konnte nur bei Behauchung als ein unregelmäfsiger Fleck erkannt werden. Betrug die Entfernung 3 Linien, so war die positive Figur unvollständig, eine dunkle Scheibe, unmittelbar von einem gelben Saume eingefafst, die negative Figur erschien bei Behauchung als ein Haufen einzelner Flecken.

Das Material der Spitzen ist gleichgültig. Ich habe Nadeln von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Stahl und Zinn gebraucht, ohne einen Unterschied in der Abformung der Figuren zu bemerken, der nicht der verschiedenen Vollkommenheit der Zuspitzung zuzuschreiben war. Zierliche scharfe Figuren verlangen gute Spitzen, weshalb ich mich ferner ausschliefslich der Stahlnadel bedient habe (englischen Nähnadel *Hemming blunt* 7).

Eine verschiedene Neigung der Nadeln gegen die Platte

hat keinen Einflufs auf die Figuren. Es wurden die Nadeln das eine Mal normal gegen die Platte gestellt, das andre Mal 45 Grad gegen sie geneigt, während die Entfernung der Spitzen von der Platte unverändert ½ Linie betrug. Die so gebildeten Figuren waren einander völlig gleich, namentlich die positiven Figuren scharf und kreisrund bei normaler wie bei schiefer Stellung der Nadeln. Der Mittelpunkt der Figur lag stets im Fufspunkte der Spitze, wenn die Nadel nicht so stark geneigt war, dafs die Funken auch von andern Punkten, als der Spitze übergehen konnten.

§. 4.

Ich habe die Figuren auf verschiedenen Metallplatten gebildet, von welchen die auf Kupfer und Silber eine besondere Erwähnung verdienen. Es wurde dabei der Conductor der Elektrisirmaschine auch negativ elektrisirt, wodurch unter der isolirten Nadel die positive, unter der zur Erde abgeleiteten die negative Ringfigur entstand. Bei verschiedener Elektrisirung des Conductors erhält man die entgegengesetzten Figuren unter derselben Nadelspitze, und controlirt dadurch eine während der Versuche eingetretene Ungleichheit der beiden Spitzen.

Die Versuche zeigten, dafs auf Kupfer bei jeder Leitung des Funkenstromes die ungleichnamigen Ringfiguren in der Gröfse und im Ansehen verschieden sind; dafs bei unvollkommner Leitung diese Verschiedenheit am gröfsten wird und in derselben Weise auftritt wie am Messing.

§. 5.

Das Silber ist äufserst empfindlich gegen elektrische Einwirkung und wird schon durch wenige Funken gefärbt. Die in der Abhandlung beschriebenen Figuren wurden auf der Silberfläche einer Daguerreotyp-Platte dargestellt, doch kann, wenn man sich mit geringerer Zierlichkeit der negativen Figur begnügt, auch Silber ohne Spiegelpolitur dazu benutzt werden. Die Ringfiguren auf Silber sind, je nach der Elektrode die sie gebildet hat, verschieden und zwar in Hinsicht der Gröfse, wie bei allen Metallen, indem die

negative Figur die positive stets an Ausdehnung übertrifft, ihr aber an Schärfe der Begränzung nachsteht. In Hinsicht auf Form und Färbung sind die Figuren auf Silber vor allen andern dadurch ausgezeichnet, dafs eine blanke von einem Saume umgebene Fläche hier nur selten vorkommt, dafs in den meisten Fällen auch die negative Figur im Innern gefärbt ist und die lebhaft farbigen Ringe vorzugsweise an dieser Figur auftreten. Ich habe es aufgegeben die Ringfiguren hier und in der Folge abbilden zu lassen, weil die ungemeine Zierlichkeit ihrer Form und Zartheit ihrer Farben dabei verloren gegangen wäre, und von dem, was übrig bleibt, sich durch Worte eine genügende Vorstellung geben läfst. Auch glaube ich nicht, dafs die Beschreibung der sehr einfachen Apparate eine Zeichnung wird vermissen lassen.

§. 6.

Die bisher beschriebene Darstellung der Ringfiguren ist lehrreich durch die Einfachheit des dabei gebrauchten Apparates und den Umstand, dafs sie sich der Weise anschliefst, auf welche man bisher die Priestley'schen Ringe dargestellt hat. Es wird dadurch klar, dafs die Verschiedenheit dieser Ringe nach der Art der sie bildenden Elektrode darum übersehen worden ist, weil man sich guter Leitungen des Entladungsstromes und zu grofser und dichter Elektricitätsmengen dazu bediente. Sonst hat diese Art der Darstellung das Unbequeme, dafs sie bei vielen Metallen eine längere Zeit in Anspruch nimmt, und die unterschiedenen Figuren, wenn auch sehr scharf, doch wie die angeführten Messungen zeigen, so klein ausfallen, dafs zu ihrer genauen Erkennung die Lupe, häufig das zusammengesetzte Mikroskop nöthig ist. Beide Uebelstände werden vermieden durch Anwendung des elektro-magnetischen Inductionsapparats mit Selbstunterbrechung statt der Elektrisirmaschine. Damit erhält man in kürzester Zeit Figuren, die dem unbewaffneten Auge deutlich erkennbar sind, aber freilich unter dem Mikroskope selten so scharf begränzt erscheinen, wie die früheren Figuren. Der bei den folgen

den Versuchen gebrauchte Inductionsapparat ist 1855 in der Werkstatt von Siemens und Halske angefertigt worden und giebt Funken von $\frac{1}{2}$ Zoll Länge, wenn er durch ein Grove'sches Element erregt wird (in einem Trinkglase, das 15 Unzen Wasser fafst). Die Inductionsrolle enthält angeblich 14000 Fufs eines $\frac{1}{4}^{mm}$ dicken Kupferdrahtes, der Unterbrecher ist nach Halske's Angabe ausgeführt (Poggend. Annal. XCVII 641).

Bei der langen Dauer jedes Funkens vom Inductionsapparate ist eine absichtliche Verzögerung desselben durch Platindraht oder eine Wassersäule überflüssig. Die Darstellung der Figuren geschieht äufserst leicht durch Verbindung der Enden der Inductionsrolle mit zwei winkelrecht befestigten Nadeln, unter deren Spitzen eine Metallplatte gelegt wird. Die Nadel, welche durch den Oeffnungsstrom des Apparats positiv elektrisch wird, wirkt wie die Nadel, die mit dem positiv elektrischen Conductor der Elektrisirmaschine verbunden ist, und so fort. Dafs die Schnelligkeit, mit welcher die Funken am Apparate einander folgen, keinen wesentlichen Einflufs auf die Figuren hat, lehrten Versuche, bei welchen die Nadeln $\frac{1}{2}$ Linie über eine Kupferplatte gestellt waren. Der Apparat wurde mit der Hand durch eine in Quecksilber tauchende Metallspitze oder durch ein Blitzrad in Thätigkeit gesetzt. Im ersten Falle entstanden in der Sekunde 4 bis 5, im zweiten 20 Funken zwischen den Spitzen und der Metallplatte. Nach einigen Minuten waren die unterschiedenen Figuren gebildet, völlig gleich denen, die früher an der Elektrisirmaschine bei Einschaltung der Wassersäule erhalten wurden, und nicht wesentlich verschieden von denen, welche in den folgenden Versuchen der Inductionsapparat mit dem schnell oscillirenden Selbstunterbrecher lieferte.

§. 7.

Die Ausbildung der Figuren bei zunehmender Elektricitätsmenge kann hier vollständiger aufgezeigt werden, als mit der Elektrisirmaschine. Die beiden Stahlnadeln wurden $\frac{1}{2}$ Linie über einer hellpolirten Messingplatte befestigt und

9 Figurenpaare gebildet, während der Inductionsapparat verschiedene, an einem Chronometer bestimmte, Zeiten in Thätigkeit erhalten war. Der die Figur umgebende Saum war desto breiter, je mehr Funken angewendet wurden, und damit dunkler; anfangs gelb, wurde er braungelb, zuletzt schwarzbraun. Der in der Tafel angegebene Durchmesser bezieht sich auf seinen innern Rand, der stets schärfer ist, als der äufsere. Bei der negativen Figur legen sich die Ringe an diesen innern Rand an, so dafs die Mitte der Figur stets blank bleibt.

Dauer des Funkenstroms Minuten.	Positive Figur			Negative Figur		
	Saum	Scheibe	Gürtel	Saum	Ring	blanke Fläche
	Durchmesser par Lin.			Durchmesser par. Lin.		
$\frac{1}{30}$	0,13	0,13 Centr. hell				
$\frac{1}{12}$	0,28	0,16 » »	farbige Ringe			
$\frac{1}{4}$	0,34	0,18 » »	Farben matt			
$\frac{1}{2}$	0,40	0,18 » »	braun, grün	0,57		
1	0,55	0,22 » »	braun, grün, blau	0,88	gelb	0,61
2	0,61	0,24 » dunkel	lebhafte Ringe	0,88	»	0,59
3	0,66	0,26 » »	» »	0,99	blau, gelb	0,46
5	0,66	0,26 » »	» »	0,99	» »	bogenförm. ausgeschweift
10		0,26 » »	» »	1,10	» »	Blumenblättern ähnlich

Die letzte negative Figur erschien innerhalb des breiten schwarzbraunen Saumes, wie eine aus hellgelbem Grunde ausgesparte sechsblättrige mit einem hellblauen Ringe umgebene Blume. Das Hauptmerkmal zur Unterscheidung der entgegengesetzten Figuren bildete überall die vom Saume eingeschlossene blanke Fläche der negativen Figur, gegenüber der schwarzen Scheibe der positiven. Obgleich in den 4 letzten Versuchen die Scheibe nicht merklich an

Gröfse zugenommen, die blanke Fläche hingegen merklich abgenommen und in den beiden letzten Versuchen ihre Kreisform verloren hatte, so war doch keine Aehnlichkeit der ungleichnamigen Figuren vorhanden. Merkwürdig sind die drei ersten Versuche bei der Wirkung des Apparates von 2, 5 und 15 Sekunden. Bei allen dreien war die positive Figur vollkommen erkennbar, im dritten Versuche sogar in allen ihren Theilen vollständig ausgebildet, aber die negative Figur fehlte gänzlich und ihre Stelle war nur bei Behauchung momentan zu erkennen. Diefs auffallende Ergebnifs verlangt keine besondere Sorgfalt bei Anstellung des Versuches, es ist schon oben bei den Versuchen mit der Elektrisirmaschine und später so oft vorgekommen, dafs es mir gelegentlich ein bequemes Mittel abgab zur Bestimmung der Pole des Inductionsapparats. Eine Messingplatte, unter die mit dem Apparate verbundenen beiden Spitzen gehalten, gab in wenigen Sekunden eine sichere Entscheidung. Die Spitze, unter welcher das Messing geschwärzt erschien, war die durch den Oeffnungsstrom negative, die, unter welcher es seinen Glanz behalten hatte, die positive Elektrode. Ein so grofser Unterschied der Wirkung des elektrischen Stromes, je nach seiner Richtung gegen eine Platte, kann bei den Staubfiguren niemals vorkommen.

Die beschriebenen Figuren liefsen sich ohne besondere Vorsicht aufbewahren, und ertrugen selbst ein mäfsiges Reiben mit einem leinenen Tuche. Die negativen Figuren und die kleineren positiven blieben dadurch unverändert. Nur die gröfseren Scheiben, von 0,22 Linie Durchmesser an, wurden dadurch verkleinert und es blieb von ihnen ein schwarzer Fleck von etwa 0,15 Linie Breite zurück, der von einem blanken Messingring umgeben war. Für das unbewaffnete Auge erhielten die Figuren dadurch eine gröfsere Zierlichkeit

§. 8.

Die Figuren wurden durch den Inductionsapparat auf verschiedenen Metallen dargestellt, deren Oberfläche, wenn nicht polirt, eben und von gröberen Unreinigkeiten befreit

war. Es waren Platten von Silber, Kupfer, Messing, Stahl, Zinn, Zink, Neusilber, Antimon, Wismuth, Aluminium, Gold und Platin. Durch Benutzung eines Statives, dessen horizontale Holzplatte durch eine Schraube vertikal zu verschieben ist, wurde der Versuch sehr bequem. Ueber der Holzplatte befanden sich zwei Stahlnadeln in vertikal durchbohrten Druckklemmen, die mit den Enden der Inductionsrolle metallisch verbunden waren. Ich legte das Metall auf eine Glasplatte, diese auf das Stativ, liefs die beiden Nadeln auf das Metall fallen, klemmte sie fest und senkte das Stativ um $\frac{1}{2}$ Linie. Nach kurzer Thätigkeit des Inductionsapparats waren die Figuren vollkommen deutlich und unterschieden. Von den gebrauchten Metallen eigneten sich zur leichtesten Darstellung scharfer und vollständiger Ringfiguren Messing, Neusilber und Kupfer. Unter den 9 übrigen Metallen sind am wenigsten dazu tauglich: das Silber wegen seiner zu grofsen Empfindlichkeit gegen den Funken, Gold und Platin aus dem entgegengesetzten Grunde.

§. 9.

Aus den in den acht vorangehenden Paragraphen beschriebenen Versuchen lassen sich folgende allgemein gültige Resultate angeben. Wenn ein elektrischer Strom in freier Luft mit Funken auf eine glatte Metallfläche übergeht, so bildet sich, nach öfterer Wiederholung der Funken, durch Veränderung der Oberfläche des Metalles rings um die Uebergangsstelle, eine Ringfigur; die positive, wenn der positive Strom aus der Fläche austritt, die negative, wenn er in die Fläche eintritt. Die Funken müssen kurz seyn, damit ihre Wiederholung an einer und derselben Stelle der Metallfläche ausführbar bleibt. Gröfse und Ausbildung der Figuren nehmen zu bis zu einer gewissen Anzahl von Funken. Die positive Ringfigur wird nach einer kleineren Anzahl von Funken sichtbar, als die negative; wenn daher beide Figuren durch gleiche Funkenzahl gebildet sind, so hat in der positiven Figur die Metallfläche eine stärkere Aenderung erlitten, als in der negativen. Aufserdem ist die positive Figur kleiner als die ihr entsprechende

negative und ihre Umrisse sind schärfer. Diese Unterschiede der beiden Figuren sind in allen Fällen vorhanden, werden aber nur bei Vergleichung der Figuren merkbar, oder bei einer, nach den Metallen, mehr oder minder genauen Untersuchung.

Giebt man bei diesen Versuchen dem einzelnen Funken eine längere Dauer, was durch Einschaltung eines langen Drahtes oder einer Flüssigkeitssäule in die Bahn des Stromes der Elektrisirmaschine, oder durch Benutzung eines Magneto-Inductionsstromes leicht zu bewirken ist, so erhalten die ungleichnamigen Figuren eine sehr verschiedene Gestalt. Jede Figur kann dann für sich mit Sicherheit benannt werden. Die positive Ringfigur zeigt eine matte kreisrunde Scheibe, umgeben von einem blanken Gürtel, der von einem breiten matten Saume eingefafst wird. In der negativen Figur fehlt die Scheibe gänzlich oder ist auf einen Punkt reducirt, so dafs der matte Saum eine blanke Kreisfläche einschliefst. Wenn auch, bei längerer Wirkung der Funken, diese Fläche an verschiedenen Stellen angegriffen wird, so macht sie doch den Eindruck einer leeren, nur zufällig gefüllten Fläche, während die positive Figur eine regelmäfsig ausgefüllte Fläche darstellt. Die farbigen Ringe, welche zuweilen die Scheibe, öfter die blanken Flächen der Figuren füllen, begründen keinen wesentlichen Unterschied beider Figuren. Sie treten bei den meisten Metallen am lebhaftesten und zierlichsten im Gürtel der positiven Figur auf, bei dem Silber in der blanken Fläche der negativen Figur. Werden beide Figuren gleichzeitig durch denselben Strom gebildet, so läfst sich bei mehren Metallen der Versuch im Augenblicke abbrechen, wo die vollständige positive Figur sichtbar, die negative aber noch nicht zum Vorschein gekommen ist. Die Figuren erhalten sich lange und werden dabei dunkler, besonders ist Letzteres mit dem Saume beider Figuren der Fall, der gleich nach der Bildung nach Aufsen verwaschen, erst mit der Zeit in bestimmteren Umrissen hervortritt.

Entstehung der Ringfiguren.

§. 10.

Die Entstehung der Ringfiguren und ihrer Verschiedenheit an den beiden Elektroden bietet manches Räthselhafte, so dafs es nöthig erscheint, streng Das zu sondern, was darüber unzweifelhaft feststeht, von dem, was nur hypothetisch abzuleiten möglich ist.

Die Figuren werden durch eine Veränderung gezeichnet, welche nur die äufserste Oberfläche des Metalles trifft, nebenbei auch durch eine tiefer gehende Veränderung. Diese letztere besteht in einer Zerreifsung und Schmelzung der Metallmasse in der Mitte der Figur und deren Nähe, und ist eine bekannte unmittelbare Wirkung der elektrischen Entladung. Wenn ein elektrischer Strom, gleichgültig von welcher Richtung, aus einer vollkommen reinen Metallfläche in Luft übertritt und darin intermittirt, so beginnt die Intermittenz schon im Metalle selbst. Der intermittirende Strom erhitzt, zerreifst, zerschmelzt das Metall, wie er es in einem dünnen Drahte thut, den er durchströmt. Uebersieht man diese Auflockerung des Metalls, die bei einigen Metallen immer eintritt, bei anderen erst nach längerer Einwirkung schwacher Ströme oder sogleich bei Anwendung eines starken Stromes, so ist in der Ringfigur nur eine mittelbare Wirkung des Stromes zu erkennen. De la Rive sah durch den Flammenbogen einer voltaischen Säule auf einer Platinplatte einen runden bläulichen Fleck entstehen, wenn die Platte mit Luft, nicht aber, wenn sie mit Wasserstoffgas umgeben war. Grove konnte in verdünntem Stickstoff- oder Wasserstoffgase keine Figuren erzeugen; ich liefs in verdünntem reinen Wasserstoffgase den Inductionsstrom 2½ Minute zwischen einer Spitze und einer Silberplatte übergehen, ohne eine Färbung zu erhalten, die nach Hinzulassen von Luft in wenigen Sekunden eintrat. Die Elektricität bildet die Ringfiguren erst bei der Anwesenheit von Sauerstoff.

Die Figuren entstehen nicht auf einer Metallfläche, die mit einer Oel- oder Firnifsschicht bekleidet ist. Eine voll-

kommen gereinigte, selbst spiegelhell polirte Fläche ist mit einer fremden Schicht bedeckt, wie die Behauchung zeigt. Diese Schicht wird durch den elektrischen Funken zerrissen und ihre Bestandtheile werden kreisförmig auf die Platte geworfen; denn ehe die Ringfigur sichtbar wird, erscheint bei der Behauchung eine helle Kreisfläche, die häufig von einem Ringe umgeben ist von stärkerer Trübung als der Grund. Es folgt hieraus, dafs der elektrische Funkenstrom, der eine Metallplatte trifft, auf dieser eine Kreisfläche von der sie deckenden fremden Schicht befreit, und dafs diese gereinigte Stelle durch den Sauerstoff der Luft verändert, also oxydirt wird.

§. 11.

Ist die Ursache der Veränderung des Metalles in den Ringfiguren nicht zweifelhaft, so ist es die Ursache der bestimmten Form um so mehr, welche diese Veränderung erleidet. Da eine Oxydirung des Metalles auch durch Erhitzung bewirkt wird, so vermutheten Priestley und Nobili, dafs die Ringfiguren durch die Hitze gebildet werden, welche der Funkenstrom an seiner Eintrittsstelle im Metall erregt. Diese Erklärung ist entschieden ungenügend. Wäre sie nämlich richtig, so müfsten die Figuren da am leichtesten entstehen, wo die gröfste Wärme entsteht und in gegebener Zeit auf die kleinste Stelle beschränkt ist, auf schlechten Leitern der Elektricität und Wärme. Die Figuren entstehen aber bei Weitem am leichtesten auf Silber, sehr vollkommen und leicht auf Kupfer. Beide Metalle sind die besten Elektricitäts- und Wärme-Leiter. Ferner widerspricht die Form der Ringfigur jener Erklärung. Die Wärme könnte nur Scheiben hervorbringen, in welchen die Oxydschicht von der Mitte zum Rande abnähme, die Figuren zeigen aber im Allgemeinen eine oxydirte Scheibe, umgeben von einem blanken weniger oxydirten Gürtel, auf den der wieder stark oxydirte Saum folgt. Zuweilen ist der Mittelpunkt der Centralscheibe hell. Auch ist die Erwärmung im Gürtel keineswegs so hoch, um für sich eine

Oxydirung des Metalles zu bewirken. Ich habe die Figuren auf der Metalllegirung dargestellt, die vor Kurzem aus Wismuth, Zinn, Blei und Cadmium zusammengesetzt worden ist und bei 76 Grad Celsius schmilzt. Die positive Figur bestand aus einer dunkeln Scheibe mit geschmolzenen Stellen, aber der lebhaft gefärbte Gürtel war ohne Schmelzung, vollkommen eben und blank. Der Einfluſs der Wärme auf die Bildung der Figuren kann daher nur secundär seyn, indem sie die Oxydirung des Metalles befördert, aber die Ursache der eigenthümlichen Form und Färbung der Figuren ist sie nicht.

Grove hat zur Erklärung des blanken Gürtels einer Figur, die in einem stark verdünnten Gemenge von Sauerstoff- und Wasserstoffgas gebildet war, angenommen, daſs der elektrische Strom nicht allein an der Spitze der Nadel zur Metallfläche übergeht, sondern auch von den Seiten der Nadel, und daſs die Theilströme, welche verschieden lange Wege zurücklegen, einander durch Interferenz so verändern, daſs sie theils oxydirend, theils reducirend wirken. Er schmelzte einen $\frac{1}{5}$ Linie dicken Platindraht in Glas ein, so daſs nur seine Endfläche frei blieb, und brachte diese über eine Silberfläche in einem Gemenge aus 5 Vol. Wasserstoff- und 1 Vol. Sauerstoffgas, das zu einem Drucke von $\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilber verdünnt war. Als die Silberplatte positive Elektrode eines Stromes vom Inductionsapparate war, bildete diese auf der Platte einen dunkeln runden Fleck, während unter einer unbedeckten Stahlnadel eine mit Ringen erfüllte Scheibe entstand. Ich habe in freier Luft keinen wesentlichen Unterschied der Ringfigur finden können bei nacktem und bekleidetem Drahte. Ein Platindraht, $\frac{1}{6}$ Linie dick, war $\frac{1}{2}$ Linie über einer Kupferplatte aufgestellt, welche die positive Elektrode des, eine Minute anhaltenden, Inductionsstromes bildete. In einem andern Versuche wurde ein gleicher Platindraht angewendet, der aber, in Glas eingeschmelzt, nur eine Endfläche frei hatte. Beide Versuche gaben dieselbe Figur: eine schwarze Scheibe mit blankem Gürtel, in welchem 3 Ringe sichtbar waren,

und einem gelben Saume. Ich habe mit 2 Wollaston'schen Elektroden, deren in Glas eingeschmelzter Platindraht 0,037 Linie dick war, auf Kupfer- und Messingplatten öfter positive und negative Figuren zugleich gebildet, die an Schärfe und Zierlichkeit den mit unbedeckten Stahlnadeln gebildeten wenig nachstanden. Schon die §. 3 aufgeführten Versuche an der Elektrisirmaschine widersprechen der Annahme, dafs die Seitenflächen der Nadeln auf die Form der Ringfiguren einen wesentlichen Einflufs haben. Dann würden die Figuren nicht haben gleich seyn können bei einer Neigung der Nadeln von 90 und 45 Graden gegen die Metallfläche. Ich habe diese Versuche am Inductionsapparate wiederholt auf Messing-, Kupfer- und Silberplatten, und keinen wesentlichen Unterschied der Figuren gefunden, die Nadeln mochten normal oder gegen die Platte stark geneigt seyn. Nur auf dem so empfindlichen Silber war mit schiefer Nadel oder Wollaston'scher Elektrode die negative Figur öfter verzerrt als mit unbedeckter normaler Nadel, die positive Figur hingegen stets völlig kreisrund und vollständig ausgebildet.

Es kann also mit Bestimmtheit gesagt werden, dafs die Ursache der Form der Ringfiguren weder in der erregten Wärme besteht, noch durch die Seitenfläche der Nadel bestimmt wird.

§. 12.

Die Entstehungsweise des blanken farbigen Gürtels, der zwischen der stark oxydirten Scheibe und dem minder oxydirten Saume liegt, bildet die einzige, oder doch die gröfste Schwierigkeit bei der Erklärung der Bildung der Ringfiguren. Man könnte, auf jede Erklärung verzichtend, dem elektrischen Strome eine passende Beschaffenheit zuschreiben, und in der Form der Ringfiguren den Nachweis derselben finden wollen. Aber dieser Weg, freilich der leichteste, sich von der Schwierigkeit zu befreien, ist gefährlich, und darf nur nach äufserster Nöthigung genommen werden, wenn alle Versuche fehlgeschlagen sind, eine wirkliche Er-

klärung zu finden, die sich auf bekannte nachweisbare Erscheinungen stützt. Ich will einen solchen Versuch im Folgenden machen.

Die Lichterscheinung, die im Ganzen elektrischer Funke genannt wird, besteht aus einer Menge von Funken, die je nach der Leitung des Stromes, schneller oder langsamer einander folgen. Jeder dieser Partialfunken verändert die ganze Luftstrecke, in welcher er auftritt, indem er einen Theil ihres Sauerstoffes in Ozon verwandelt, einen Theil des Ozon mit dem Stickstoffe zu Salpetersäure verbindet und die so veränderte Luftmasse nach allen Richtungen mit Heftigkeit forttreibt. Entsteht der Funke an einer Metallplatte, so erfolgt das Aufreifsen der die Platte deckenden Schicht, die aus condensirten Gasen besteht, die Erwärmung und Auflockerung des Metalles. Bei jedem Funken, der zur Darstellung der Ringfiguren gebraucht wird, treffen die Metallplatte viele Ströme ozonisirter Luft, die ihr in verschiedener Richtung von entfernten Punkten zukommen und sie oxydiren. Unmittelbar an der Oberfläche der Platte entsteht aber gleichfalls ein Strom ozonisirter Luft, von welcher der wirksame Theil sich nur in der Ebene der Platte fortbewegen kann und welcher, der Kürze wegen, der horizontale Strom heifsen mag. Aus dem Zusammentreffen des horizontalen Luftstromes und der schief auffallenden Ströme läfst sich die Form der Ringfiguren ableiten. Der horizontale Strom findet nämlich bei seiner Entstehung erhitztes aufgelockertes Metall, das von ihm oxydirt wird und ihn dadurch seines Ozon beraubt. Es wird also dieser Strom bei seiner Fortbewegung immer ärmer an Ozon, und in einiger Entfernung vom Ausgangspunkte nur aus Stickstoff und unverändertem Sauerstoff bestehen. Diese ozonfreie Decke schützt die darunter liegende Metallfläche gegen Oxydirung, es werden die schief auffallenden Luftströme in einer bestimmten Entfernung vom Mittelpunkte der Figur das Metall nicht merklich oxydiren und es erst wieder vermögen, wenn der ozonfreie Luftstrom so langsam und dünn geworden ist, dafs jene ihn durchdringen

können. Die Strecke auf der Metallplatte, in welcher die schiefen Ströme ozonisirter Luft nicht wirken, bestimmt die Breite des Gürtels. Demzufolge entsteht die dunkle Scheibe der Ringfigur durch den horizontalen Luftstrom und die von oben auffallenden Ströme, der blanke Gürtel durch den horizontalen, seines Ozon beraubten Strom, und der oxydirte Saum wiederum durch die schiefen Luftströme. Je mehr Funken die Metallplatte treffen, desto weiter mufs der horizontale Strom von der Ausgangsstelle, wo er bereits oxydirtes Metall findet, fortgehen, um sein Ozon zu verlieren; die dunkle Scheibe wird breiter und der innere Rand des Saumes rückt nach Aufsen. Die Schützung des Metalles durch die ozonfreie Decke ist nämlich keineswegs vollkommen, der Gürtel besteht niemals aus unverändertem Metalle, sondern ist stets mit einer Oxydschicht bedeckt, die erst bei bestimmter Dicke sichtbar wird. Der innere Rand des Saumes ist anfangs nicht scharf, wird nur durch den Contrast einer lichteren und dunkleren Färbung bestimmt, und erscheint daher bei einer fortgeschrittenen Ausbildung der Figur als Theil des Gürtels. Die nach hinlänglicher Funkenzahl lebhaft farbigen Ringe des Gürtels beweisen, dafs die Oxydschicht des Gürtels langsamer und regelmäfsiger zu Stande gekommen ist, als die Oxydschicht der dunkeln Centralscheibe und des matten Saumes. Bei längerer elektrischer Einwirkung wird natürlich auch der Gürtel matt und seine Farben erblassen.

§. 13.

Einzelne Modifikationen der Ringfigur sind dem chemischen Verhalten der Metalle gegen das Ozon zuzuschreiben. Auf Messing, Kupfer, Zink und Neusilber erscheint nach geringer Funkenzahl die Mitte der dunkeln Centralscheibe hell. Diese Metalle bedürfen zur sichtbaren Oxydation einer längeren Einwirkung des Ozon; im Ausgangspunkte des Luftstromes dauert diese Einwirkung die kürzeste Zeit und es bedarf daher einer öfteren Wiederholung des Funkens, diese Stelle zu färben. Auf Wismuth, Antimon, Zinn und Alumin ist die Mitte der Scheibe stets dunkel, der

Gürtel der positiven, wie die Kreisfläche der negativen Figur farbig; es läfst sich anderweitig zeigen, dafs diese Metalle durch geringe Mengen von Ozon oxydirt werden. Das Silber ist so empfindlich für Ozon, dafs die Luftdecke selten genügt, die negative Figur vor sichtbarer Oxydation zu schützen, daher ist fast immer die negative Fläche gefärbt, und enthält die schönsten Ringe, welche eben eine mäfsige Oxydirung verlangen. Wenn beide Figuren gleichmäfsig blau gefärbt sind, ist dennoch gewifs, dafs die Oxydschicht der positiven Figur dicker ist, als die der negativen und das Blau daher verschiedenen Ringsystemen zugehört.

Dafs unter denselben Bedingungen erregte Luftströme eine Metallplatte in so bestimmter Weise treffen, um stets dieselbe regelmäfsige und scharfe Figur hervorzubringen, kann nicht auffallen und kommt hier nicht zum Erstenmale vor. Abria[1]) hat scharfe und regelmäfsig gestellte Linien in Kreidepulver, das auf eine horizontale Tafel gesiebt war, dadurch hervorgebracht, dafs er in einiger Entfernung über der Tafel den Entladungsfunken einer Flasche zwischen 2 Spitzen wiederholt überschlagen liefs. Er bewies, dafs die Funken nur durch Erschütterung der Luft auf das Kreidepulver wirken, indem er ähnliche Zeichnungen ohne Elektricität, durch momentane Explosionen hervorbrachte.

§. 14.

In der §. 12 angegebenen Weise mufs eine Ringfigur derselben Form gebildet werden, die Metallplatte mag positive oder negative Elektrode seyn, vorausgesetzt, dafs die Luft an der Platte in beiden Fällen dieselbe Beschaffenheit hat. Diese Voraussetzung ist aber nicht richtig, und zwar um so weniger richtig, je langsamer die Partialfunken einander folgen, die den zur Darstellung der Figur gebrauchten einzelnen Funken bilden. Wenn die Platte positive Elektrode ist, so liegen die Sauerstoffatome der nächsten Luftschicht der Platte näher, als die Stickstoffatome, und das Entgegengesetzte tritt ein, wenn die Platte zur negativen Elektrode gemacht worden. Diese verschiedene Stel-

1) *Annales de chimie* 74. 186. Pogg. Annalen * 53. 589.

lung der Bestandtheile der die Platte bespülenden Luft hat Grove mit grofser Wahrscheinlichkeit aus Versuchen geschlossen, die ich in der Einleitung ausführlich angegeben und von welchen ich den Hauptversuch mit vollständigem Erfolge wiederholt habe. Ich füllte einen Glascylinder mit reinem Wasserstoffgase, liefs eine bestimmte Menge atmosphärischer Luft hinzu und verdünnte das Gemenge bis $\frac{1}{4}$ Zoll Quecksilberdruck. Es befand sich im Cylinder eine Stahlnadel $\frac{1}{4}$ Linie über der Silberfläche einer Daguerreotyp-Platte. Als die Platte 4 Sekunden lang positive Elektrode im Strome eines Inductionsapparates war, zeigte sich auf ihr eine schön blaue, braungesäumte Scheibe, und diese verschwand gänzlich, wenn die Platte 10 Sekunden lang negative Elektrode war. Als sie wieder positiv gemacht war, erschien auch die Scheibe wieder, (diesmal ganz braun), und verschwand fast gänzlich durch Umkehrung der Pole des Inductionsapparates. So wurde dieser überraschende Versuch 4 bis 5 Mal hintereinander angestellt. Zuletzt verschwand die Scheibe nicht mehr, ging aber, wenn die Platte negativ war, von einem tiefen Schwarzbraun in ein helles Grau über.

Aehnliche Erfolge erhielt Grove, als er an der Stelle von Wasserstoff Stickgas anwandte, und kam zu dem Schlusse, dafs vor der Funkenentladung in Gasgemengen ein »Anfang von chemischer Zersetzung« eintritt, indem der elektropositive Bestandtheil des Gemenges gegen die negative, der elektronegative Bestandtheil gegen die positive Elektrode gerichtet wird, ohne dafs aber, wie er ausdrücklich hinzusetzt, eine Fortwanderung der Bestandtheile zu den Elektroden stattfindet[1]). Aus dem geringen Erfolge, mit dem Grove seine Versuche an der Elektrisirmaschine wiederholte, wobei er sich wahrscheinlich einer guten Leitung bediente, läfst sich ferner schliefsen, dafs die Richtung der Gastheile nur dann vollständig ist, wenn die Partialentladungen, welche den Funken bilden, eine gewisse Zeit dauern, und dafs, wenn ihre Dauer kürzer ist, nur wenige Gastheile eine bestimmte Richtung annehmen.

1) *Philosoph. transactions* * *f.* 1852, *p.* 96.

§. 15.

Diese Erfahrungen erklären in einfacher Weise die grofse Verschiedenheit der positiven und negativen Ringfigur, die ich im zweiten Abschnitte aufgezeigt habe. Wurden die Figuren bei guter Leitung des elektrischen Stromes gebildet, hatte also jeder einzelne Funke eine nur geringe Dauer, so befand sich die Luft an der positiven und an der negativen Stelle der Metallplatte nahe in demselben Zustande. Die Figur wurde daher an beiden Stellen in der §. 12 angegebenen Weise in ziemlich gleicher Form gebildet, sie bestand aus einer matten Scheibe, einem blanken Gürtel und einem matten Saume. War hingegen die Dauer jedes Funkens bedeutend verlängert worden, durch Einschaltung eines langen Drahtes, einer Wassersäule oder durch die Bildung des Stromes am Inductionsapparate, so hatten die Bestandtheile der Luft an den entgegengesetzt elektrischen Stellen der Platte ihre bestimmte Richtung vollständig angenommen. An der positiven Stelle waren in der sie berührenden Luftschicht zwar nicht mehr Sauerstoffatome, als früher, aber diese alle gegen die Platte gekehrt. In dem durch den Funken erzeugten horizontalen Luftstrome kam der ozonisirte Sauerstoff sogleich mit dem Metalle in Berührung, die Scheibe der positiven Figur wurde kleiner und dunkler, als vorher, der Gürtel erhielt seine lebhaften Farbenringe schon nach geringer Funkenzahl, der Saum war stärker gezeichnet. An der negativen Stelle der Platte hingegen war die Luftschicht, welche die Platte berührte, zwar genau von derselben Zusammensetzung, wie an der positiven Stelle, aber ihre Stickstoffatome waren gegen die Platte gekehrt. Der horizontale Luftstrom brachte daher von seinem Ausgangspunkte an nur Stickstoff an das Metall, die Bedingung fehlte zur Bildung der Centralscheibe; die negative Figur zeigte eine blanke Kreisfläche, umgeben von dem Saume, den die schiefen Luftströme gebildet hatten. Hier ist die oben gemachte Bemerkung zu wiederholen, dafs die Stickstoffdecke die Oxydirung des Metalles nicht gänzlich verhindert, sondern

nur bedeutend erschwert. Auch die leer erscheinende Fläche ist an manchen Stellen oxydirt, nur, bei geringer Funkenzahl, nicht sichtbar. Wird eine gröfsere Zahl von Funken angewendet, so wird die Oxydschicht kenntlich in den farbigen Ringen, die in der negativen Figur zuerst an dem innern Rande des Saumes auftreten. Diese nicht sichtbare Oxydirung kommt auch an dem Saume der Figuren vor und ist dann sehr auffallend, indem dadurch die negative Figur gänzlich zu fehlen scheint. Ich habe oben einige Fälle angeführt, die auf mehren Metallen leicht zu erhalten sind, in welchen von den gleichzeitig durch denselben Strom gebildeten Figuren die positive Figur mit gröfster Bestimmtheit, die negative durchaus nicht sichtbar war. Bei leichtem Anhauchen der Platte wird dann die Oxydschicht kenntlich, und auf einigen Metallen (Zinn, Zink, Wismuth) kommt sie nach einiger Zeit dauernd zum Vorschein.

§. 16.

Es sind noch zwei Verschiedenheiten der positiven und negativen Figur zu besprechen, die, zwar untergeordneter Art, dadurch merkwürdig sind, dafs sie die Ringfiguren mit den im Uebrigen von ihnen gänzlich getrennten Staubfiguren in Zusammenhang bringen. Die Theile der positiven Figur: Scheibe, Gürtel, Ringe, Saum sind vollkommen scharf und kreisrund, die Theile der negativen Figur: der Saum und die sich daran legenden Ringe häufig verwaschen, verzerrt und unregelmäfsig gebildet. Ferner ist die Fläche, die von dem positiven Saume eingeschlossen wird, stets kleiner als die von dem negativen Saume eingeschlossene Fläche. Die nächste Ursache dieser beiden Verschiedenheiten ist sichtbar und leicht anzugeben. Die Funken, welche die positive Figur bilden, entstehen immer nahe an derselben Stelle der Metallfläche, dem Fufspunkte der entgegenstehenden Spitze, die Funken der negativen Figur an verschiedenen Stellen. Betrachtet man die Funken bei der gleichzeitigen Bildung beider Figuren, an der Elektrisirmaschine mit Einschaltung einer Wassersäule, so erscheinen die Funken der positiven Figur als gerade, auf der Platte

normal stehende Linien, die Funken der negativen gegen die Platte geneigt und an verschiedenen Stellen derselben. Hat man die Entfernung der Platte von den Spitzen gröfser als gewöhnlich, etwa 1 Linie, genommen, so ist die verschiedene Lage der Funken so auffallend, dafs Jeder die Elektricitätsart des Conductors mit gröfster Sicherheit danach bestimmen kann. An dem Inductionsapparate mit Selbstunterbrechung giebt diese Erscheinung zu einer artigen Täuschung Anlafs. Indem das Auge die schnell aufeinander folgenden Funken in der Art combinirt, wie die verschiedenen Zeichnungen auf einem bekannten Spielzeug, so sieht man den Funkenstrom auf der positiven Figur als einen fast unbeweglichen Lichtcylinder, die Funken der negativen Figur als einen beweglichen Lichtkegel, dessen Basis auf der Platte liegt. Häufig erscheint der Kegel gerade, gleichmäfsig um seine leuchtende Axe rotirend, dann hat man eine gut geformte negative Figur auf dem Metalle zu erwarten. Zuweilen erscheint ein schiefer Kegel, oder die Rotation stockend, bald nach der einen, bald nach der andern Seite, dann ist die Folge eine unregelmäfsige verzerrte Figur. Diese scheinbare Rotation des Lichtes der negativen Figur fehlte zwar bei keinem Metalle, ist mir jedoch, vielleicht aus zufälliger Ursache, auf Gold- und Zinn-Platten am meisten aufgefallen.

Den Grund, dafs die negative Elektricität von der Spitze zur Platte den kürzesten Weg einschlägt, die positive hingegen auch längere Wege wählt, finde ich in der Elektrisirung mit negativer Elektricität, welche die Metallplatte unter beiden Spitzen erfährt. Jede von den Partialentladungen, welche den elektrischen Funken bilden, reifst erweislich die fremde Schicht auf, welche die Platte deckt und treibt ihre Bestandtheile mit Heftigkeit über die Platte. Diese Schicht besteht, wenn die Platte bereits durch vorangehende Funken gereinigt ist, allein aus condensirtem Wassergase. Es wird also mit jeder Partialentladung feuchte Luft über die Platte getrieben, und die Platte, wie aus

Faraday's Versuchen zu schliefsen ist, dadurch negativ elektrisch. Die Elektrisirung der Platte mufs am stärksten seyn in einiger Entfernung von der Stelle, wo der Funke die Luft auseinander sprengt, weil dort die reibende Luftmasse gröfser ist als am Mittelpunkte der Bewegung. Hiernach findet eine folgende Partialentladung des positiven Funkens, welcher von der Spitze zur Platte geht, eine negativ elektrische Kreisfläche, an welcher der Rand am stärksten elektrisch ist; sie geht also entweder zu dem der Spitze nächsten, schwach elektrischen Mittelpunkte der Kreisfläche, oder zu einem zwar entfernteren, aber stärker elektrischen Punkte ihres Randes. Eine Partialentladung des negativen Funkens wird dagegen nur die Mitte der Kreisfläche treffen, weil der Rand ihm gleichnamig elektrisch ist. Es folgt daraus, dafs die negative Figur eine gröfsere Ausdehnung und unvollkommnere Rundung besitzen mufs, als die positive. Es wäre möglich, dafs eine äufserlich bewirkte positive Elektrisirung der Platte das Gröfsenverhältnifs der Figuren änderte, doch läfst sich von dem Versuche kein schlagender Erfolg erwarten. Eine dauernde starke Elektrisirung der Platte ist wegen der, ihr nahestehenden Spitzen nicht zu bewirken, und eine schwache Elektrisirung würde nicht vermögen, die durch den heftigen Luftstrom erregte Elektricität unwirksam zu machen.

Das zuletzt gebrauchte Princip der Erklärung ist dasselbe, durch welches ich die Bildung der Staubfiguren begreiflich zu machen versucht habe[1]). Bei diesen Figuren

1) Gegen diesen Versuch, der bis heute der einzige geblieben ist, die Entstehung der Staubfiguren wirklich zu erklären, ist Dr. Reitlinger in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie (Bd. 41, S. 358) mit Gründen aufgetreten, die theils auf irrigen Voraussetzungen beruhen, theils mir unerheblich erschienen sind. Der Verfasser der Entgegnung glaubt die Bildung der Staubfiguren durch die Annahme erklären zu können: »dafs die von einer positiven Spitze ausgehenden, die Elektricität übertragenden Theilchen eine eigene Bewegung in der Richtung dieser Uebertragung besitzen, die von einer negativen Spitze ausgehenden Theilchen aber nicht.« — Wenn eine Bewegung von Luft- und Metalltheilen gemeint ist, und andere hier Elektricität übertragende Theile

ist ebenso, wie bei den Ringfiguren, die unter der positiv elektrischen Spitze gebildete Figur gröfser, als die unter der negativen Spitze entstandene, nur ist das Verhältnifs der Ausdehnung beider Figuren dort viel gröfser, als hier, was bei der isolirenden und leitenden Eigenschaft der Platten, auf welchen die Staubfiguren und die Ringfiguren dargestellt werden, nicht weiter in Verwunderung setzen kann.

kenne ich nicht, so steht die Annahme in Widerspruch mit bekannten Thatsachen.

(Zusatz. August 1861.) Die vorstehende Anmerkung hat den Verfasser veranlafst, nicht etwa, seine Widerlegung und Erklärung schärfer anzusehen und die irrigen Voraussetzungen zu berichtigen (ich hatte ihm diese schon früher in einem ausführlichen Briefe bezeichnet) sondern, seine Angaben und Vorstellungen aufs Neue vorzutragen, unter Anführung abgerissener Sätze aus meinen Arbeiten und häufiger auffallender Verkennung meiner Meinung. So zum Beispiel: ich habe nie daran gedacht, die Bewegung von Luft- und Metalltheilen an den Elektroden zu bestreiten, wohl aber, dafs diese Bewegung an der negativen Elektrode fehle. Da der Verf. seine Staubfiguren mit dem Inductorium dargestellt hat, so mufste diese Bewegung sogar an der negativen Elektrode viel stärker seyn, als an der positiven. Oder: ich habe niemals die negative Elektrisirung einer Wasserfläche durch einen feuchten Luftstrom für unmöglich erklärt, wie aus einem Citate fälschlich geschlossen wird. Oder: wenn ich die verschiedene Abformung der Ringfiguren durch Luftströme zu erklären suche, so bildet nicht eine verschiedene Bewegung der Luft an den Elektroden, sondern eine verschiedene Stellung ihrer Bestandtheile das Erklärungsprincip. Oder: wenn der Verf. behauptet, ich nähme bei Ring- und Staubfiguren die gleiche Ursache für die Formverschiedenheit an, so hat er diese mit der Verschiedenheit der Gröfse verwechselt, die ich anhangsweise berührt und ausdrücklich als untergeordnet bezeichnet habe. Oder: wenn ich die Schwäche meiner Erklärung der Staubfiguren zugestand, so kann damit nicht gesagt seyn, dafs ich sie nach irgend welchem Angriffe zurückziehen würde, u. s. w. — Ich lege, heut wie früher, geringen Werth auf jene Erklärung, halte sie aber für unschädlich, weil sie von einer wirklichen Thatsache, nicht von einer dazu eingerichteten Vorstellung ausgeht. und werde sie im Augenblicke aufgeben, wo sie mit genügender Sachkenntnifs und Klarheit widerlegt ist, oder dafür etwas Anderes geboten wird, als der schlecht oder gut verhüllte Kreisschlufs: die beiden Elektricitäten bilden verschiedene Staubfiguren, weil sie die Eigenschaft besitzen, verschiedene Figuren und Lichterscheinungen zu bilden.

II. *Erklärung des Vorkommens optisch zweiaxiger Substanzen im rhomboëdrischen System. Ein Beitrag zur Krystallphysik;*

von Albrecht Schrauf in Wien.

Die genialen Begründer der Krystallographie haben den Gesetzen des Faches, dem sie angehörten, folgend und gezwungen durch Nothwendigkeit, alle Theorie um sie in der Naturgeschichte anwendbar zu machen, zu specialisiren, die geometrischen Eigenschaften der krystallisirten Körper genau bestimmt und sie in genau bezeichnete Gruppen eingeordnet: so entstanden die sechs Krystallsysteme.

Die Physik der Krystalle hingegen, deren hohes Endziel die Erforschung der Gesetze der Materie und des Aethers ist, hat nicht die Aufgabe die Erscheinungen zu specialisiren, sondern alle unter dem Gesichtspunkt einer Theorie zusammenzufassen. Sie kennt daher von geometrischer Seite nur Krystallsysteme

A. 1) mit rechtwinkligen Axen,
   2) mit schiefwinkligen Axen;

hingegen von optischer Seite nur die Phänomene

B. 1) der krystallisirten Isophanen und symmetrisch Anisophanen,
   2) der asymmetrisch Anisophanen.

Zu zeigen nun, dafs dieser Satz seine vollste Richtigkeit, dafs die Gränzen beider Gruppen vollkommen sich decken, mithin A_1 und B_1 identisch sind, daher auch das rhomboëdrische Krystallsystem in die Gruppe der von rechtwinkligen Axen ableitbaren Gestalten zu zählen sey, ist das Endziel dieser kurzen Notiz. Da nun dieser Beweis zugleich die Erklärung des Vorkommens zweiaxiger Substanzen im rhomboëdrischen Systeme darbietet, so sind hiedurch auch die vielen Anfechtungen widerlegt, welche in letzter Zeit die sechs Krystallsysteme, woraus die oben angeführten grofsen physikalischen Krystallgruppen gebildet

sind, erlitten haben; denn mit dem Zeitpunkte, wo die Hülfsmittel der Beobachtung die nöthige Genauigkeit erreicht hatten, traten Differenzen zu Tage, welche die Theorie der sechs Krystallsysteme vielfach in Frage stellten. Der erste, welcher auf Winkelanomalien aufmerksam machte, war Breithaupt; Baudrimont wollte sogar eine eigne Doctrin hiefür, die er Teratologie (*Comptes rendus* 1847) nannte, gegründet wissen; allein noch bedeutend gröfsere Wichtigkeit haben die Entdeckungen Marbach's über die Einaxigkeit tesseraler Körper, die von Reich, Breithaupt und Jenksch über die Zweiaxigkeit pyramidaler und rhomboëdrischer Gestalten, die Untersuchungen von Grailich, Senarmont, Silliman über die Varietäten des Glimmers, so wie die von Descloizeau über das chromsaure Kali, und diese sind es, welche allseitiges Bedenken erregen.

Wohl fanden die zuerst erwähnten Abnormitäten im tesseralen Systeme durch Biot's Lamellenpolarisation ihre gründliche Erklärung; sollte hingegen durch genauere krystallographische Untersuchungen festgestellt werden, dafs Winkeldifferenzen sich ergeben, so folgt hieraus, dafs die drei gleich langen Axen des tesseralen Systems ungleich lang, daher die Substanz wirklich *pyramidal* und *ein*axig seyn müsse. Während aber für das tesserale System die eben erwähnten zwei Erklärungen vorhanden sind, wird hingegen für das pyramidale und rhomboëdrische die durch Lamellenpolarisation [1]) sehr abgeschwächt, da dieselbe ihre Hauptwirkung nur dann hat, wenn man den ganzen Krystall aus aufeinander gelegten Lamellen betrachtet, und die hierdurch bewirkte Aenderung des unpolarisirten Lichtes ist nahezu analog mit der, welche eine einaxige Substanz zu erzeugen vermag. Ist daher bei einer pyramidalen Substanz eine Zweiaxigkeit erwiesen, so kann sie nur dadurch erklärt werden, dafs eben die genaueren Winkelmessungen

1) Lamellenpolarisation kann wohl das mittlere Gesichtsfeld erhellen, allein nie bewirken, dafs sich das Kreuz einaxiger Körper beim Drehen der Hauptschnittsebene abwechselnd schliefst und öffnet, und nur diefs ist das Kennzeichen der zweiaxigen Substanzen.

dieses Stoffes Differenzen geben werden, welche nöthigen anzunehmen, die pyramidalen Axen sind nicht gleich lang, daher die Substanz dem prismatischen Systeme [1]) angehörig.

Aus dem eben Gesagten ist es ersichtlich, dafs für die tesseralen und pyramidalen Gestalten kein Bindeglied nöthig ist, da eben hier nur die absolute Gröfse der senkrechten Axen das entscheidende Moment bildet und diese sowie jede andere menschliche Erkenntnifs durch den Fortschritt der Wissenschaft auf sein richtiges Maafs zurückgeführt wird; und die streng beibehaltene Definition des Systems wird immer die vollkommne und richtige Erklärung des Phänomens darbieten.

Bedeutende Schwierigkeiten bieten hingegen die Erscheinungen beim rhomboëdrischen Systeme. Wollte man durch Aenderung der Krystallaxenlängen dieselben erklären, so würde man mit den Erscheinungen selbst in Collision gerathen. Eine Aenderung der Axenlängen Miller's führt uns ins triklinische System; die der von Naumann oder Weifs entweder zu einem ganz neuen oder unsymmetrischen vieraxigen Krystallsystem oder zum monoklinischen; während die optischen Verhältnisse noch fortwährend die Symmetrie der Krystallgestalt verlangen.

In diesem Punkte ist es ein Verdienst Breithaupt's, die Lücke in der Wissenschaft angezeigt zu haben, obgleich sein Versuch der Erklärung unbefriedigend genannt werden kann, da er die wenigen Ausnahmsfälle nicht als Ausnahmen erklärte sondern durch und für sie neue Gesetze und Systeme schaffen wollte.

Seine Angaben in Bezug auf die Zweiaxigkeit konnte ich durch die Güte meines Vorstandes des Hrn. Directors

1) Wenn ich hier beim pyramidalen so wie später beim hexagonalen Systeme dem Grundsatze folge, dafs bei beiden, in ihrer strengen geometrischen Form Einaxigkeit herrschen soll, so hat diefs seinen Grund in den Resultaten meiner Untersuchungen, welche mir zeigten, dafs selbst im prismatischen Systeme, wenn der Winkel um die mittlere Elasticitätsaxe nahe 90° oder 60° ist, die Elasticitätsaxen, welche mit den Diagonalen dieses Prismenwinkels zusammenfallen, einander nahezu gleich sind.

des KK. Hofmineralienkabinets Dr. M. Hörnes revidiren; und ich fand Platten von Beryll der Fundorte Nertschinsk und Elba; von Apatit, von Jumilla, Gotthard, Zillerthal; und Turmalin von Elba zweiaxig mit einem Axenwinkel von 1 bis 3 Grade.

Alle diese Substanzen haben innere Zwillungsstellungen und Lamellen, welche oft das ganze Gesichtsfeld zu erhellen und das schwarze Kreuz zu verwischen vermögen, allein jede Platte hat einige homogene Parthien, welche im Nörrenberg'schen Polarisations-Mikroskope ein vollkommen geschlossenes Kreuz zeigen und eben diese Parthien zeigen bei Drehung der Polarisationsebene der Nikols um je 45° ein abwechselndes Schliefsen und Oeffnen des Kreuzes, das einzig sichere Kennzeichen der optischen Zweiaxigkeit.

Sobald das Faktum für mich sicher gestellt war, konnte ich mich mit den wenigen theoretischen Ansichten nicht begnügen, welche über dieses Faktum bekannt sind und ich hoffe eine wirkliche und gründliche Erklärung in folgenden Sätzen gefunden zu haben; welche ich in optische und geometrische eintheile.

I. Optische Verhältnisse des rhomboëdrischen Systems.

Ohne auf die allgemeinen Lichtgleichungen einzugehen, welche mehr als genügend darstellen, dafs alle optischen Phänomene sich auf die allgemeine Form von Bewegungsgleichungen zurückführen lassen, will ich vielmehr nur die einfachere Form der Wellenbewegung in anisophanen Körpern der Betrachtung unterziehen.

Die Wellenfläche der zweiaxigen Substanzen ist nun bekanntlich

$$\frac{\cos^2 x}{V^2 - A^2} + \frac{\cos^2 y}{V^2 - B^2} + \frac{\cos^2 z}{V^2 - C^2} = o$$

oder setzt man $B = C$ auch

$$\cos^2 x\,(V^2 - B^2) + \cos^2 y\,(V^2 - A^2) + \cos^2 z\,(V^2 - A^2) = o$$

da aber V zugleich der Radiusvector ist, so ist $\cos^2 x + \cos^2 y = \sin^2 x$ daher

$$V^2 = A^2 \sin^2 x + B^2 \cos^2 x,$$

was die Gleichung der Wellenfläche einaxiger Krystalle ist.

Diese bekannte Ableitung lehrt nun, dafs sich die Wellenfläche einaxiger Krystalle nicht nur von den allgemeinen Bewegungsgleichungen durch Einführung gewisser Hypothesen ableiten läfst, sondern, dafs *ohne Trennung* die Gleichungen bis zum Cauchy'schen Polarisationsellipsoïd zu führen sind, welches drei senkrechte Axen besitzt. Da nun die Wellenfläche einaxiger Substanzen ohne Aenderung der Axenlage oder eine andere Annahme als die der Gleichheit zweier Brechungsexponenten ableitbar ist, so sind die drei senkrechten Axen erhalten geblieben.

Betrachtet man hingegen die Erscheinungen der planparallelen Platten im polarisirten Lichte, so ist bekanntlich nach den Untersuchungen von Delezenne und Grailich für die Stellen (Kreuz und Hyperbel), wo vollkommne Dunkelheit herrscht, folgende Gleichung gültig.

Unter der Voraussetzung, dafs φ die Neigung der ursprünglichen Polarisation gegen den optischen Hauptschnitt, x, y die Coordinaten, $2a$ der Axenwinkel, ist nämlich

$$y^2 - x^2 + 2xy \operatorname{cotg} 2\varphi + a^2 = o.$$

Transformirt man xy in ξ und η mittelst

$$x = \xi \cos\alpha - \eta \sin\alpha, \quad y = \xi \sin\alpha + \eta \cos\alpha,$$

so folgt

$$\eta^2 - \xi^2 = \frac{a^2}{(1 + \operatorname{cotg}^2 2\varphi)^{\frac{1}{2}}},$$

woraus hervorgeht, dafs die Hyperbel eine rechtwinklige ist, mithin $a = o$, d. i. beim Uebergang zu den einaxigen Körpern, wird

$$\eta^2 = \xi^2,$$

diefs ist die Gleichung des schwarzen Kreuzes einaxiger Substanzen. Aehnlich verhält es sich mit den Kreisen, welche ein specieller Fall von den durch Zech bestimmten Lemniscaten sind.

Durch diese Sätze ist es erwiesen, dafs die Erscheinungen der optisch einaxigen Körper nur ein Gränzglied der

Zweiaxigen sind, denn die Functionen, welche die Phänomene bestimmen, sind *stetige*; die Natur kennt keine bestimmte Trennung zwischen ein- und zweiaxig, indem keine Discontinuität, kein Durchgang durch *o*, sondern ein *stetiges*[1]) Verlaufen stattfindet. Will man daher den Begriff Einaxigkeit beibehalten, so hat dieser nur dann zu gelten, wenn die *absolute* Gleichheit zweier Elasticitätsaxen vorhanden ist; wäre die Abweichung hiervon auch noch so gering, so ist dieser Begriff unstatthaft und die Substanz mufs als zweiaxig betrachtet werden; da ja letzterer Begriff der allgemeine, während der erste der specielle und *als solcher keiner Erweiterung*[2]) *fähig ist.*

Anderseits ist es wieder nöthig, dafs alle Erscheinungen einaxiger Substanzen, eben als specielle Fälle sich auf drei rechtwinklige Elasticitätsaxen zurückführen lassen müssen. Jede Theorie, welche für diese Substanzen selbstständige Gleichungen aufstellt, tritt aus dem Connex mit den übrigen Systemen und verliert den Zusammenhang der Erscheinungen. Es ist daher das rhomboëdrische System und seine Phänomene auf drei senkrechte Elasticitätsaxen zurückzuführen.

II. Geometrische Relationen.

Um von geometrischer Seite die eingangs erwähnten Phänomene beim rhomboëdrischen System zu erklären, müfste für den geometrischen Ausdruck der Krystallgestalt eine *symmetrische*, *stetige* Function aufgestellt werden, welche ähnlich der für die optischen Eigenschaften geltenden, einen allmählichen Uebergang in eine ähnliche symmetrische Form gestattet. Allein sowohl die Function des hexagonalen System' Naumann's, wie die des rhomboëdrischen System'

1) Zweiaxig — einaxig — isophan.

2) Aus diesem Grunde mufs ich mir auch erlauben, gegen den Gebrauch der Worte »nahe einaxig« »nahe zweiaxig«, welche Breithaupt öfter anwendet, zu protestiren, da die Regeln der Logik denselben vollkommen verbieten.

Miller's[1]) ist *unstetig*; ändert sich die Gröfse der Axen um das geringste, so erhalten wir vollkommen *asymmetrische* triklinische Functionen, welche dann auch eine vollkommne *Asymmetrie* der optischen Erscheinungen erfordern, was aber den Beobachtungen vollkommen widerspricht.

Man könnte vielleicht an dieser Stelle den Einwurf machen, dafs so geringe Differenzen, welche in ein asymmetrisches Krystallsystem führen, nicht nothwendig die optische Asymmetrie begründen können und müssen, allein es ist vielfach erwiesen, dafs die geringste Abweichung in krystallographischer Beziehung die Phänomene ungemein afficirt, und die kaum merkbare Asymmetrie die vollkommenste Dispersion der Hauptschnitte bewirkt; es ist ferner von Angström und Grailich der mathematische Beweis geliefert worden, dafs die Asymmetrie der Krystallgestalt, durch den Einflufs der Materie auf die Schwingungen, die Abhängigkeit der Elasticitätsaxen von λ^2 bewirkt. Da nun aber in den untersuchten Ausnahmen des rhomboëdrischen Systems keine Abhängigkeit der Elasticitätsaxenrichtungen von der Wellenlänge nachzuweisen ist, so darf auch *kein*

1) Ich erlaube mir einige Aeufserungen Naumann's über die Systeme von Miller und Weifs anzuführen. Naumann sagt über ersteres in seinen Elementen der Krystallographie S. 186: »Das Axensystem (Miller's) besteht aus drei gleich geneigten und gleichwerthigen Axen. Obgleich diese Ansicht für die Rechnung manche Bequemlichkeit darbietet, so können wir uns derselben doch nicht anschliefsen, weil sie die Hauptaxe gänzlich vernachlässigt, — —, weil bei ihrer Anwendung die Analogien zwischen dem Hexagonal- und Tetragonalsysteme mehr oder weniger verloren geht. Will man aber nur ein rhomboëdrisches System anerkennen, — —, so ignorirt man gänzlich das eigentliche holoëdrische Fundament des Krystallsystems. Hingegen über das von ihm selbst adoptirte System von Weifs äufsert er sich in seiner Krystallographie I., 354. folgendermafsen: » — ; allein die Rechnungsoperationen selbst können, — mit jener Voraussetzung (4 Axen Weifs) nicht bestehen, weil die vierte Axe ein für den Calcül *ganz unbrauchbares* Element ist; —. Die Calcüle selbst müssen daher auch im Gebiete dieses Systems auf ein subsidiarisches gewähltes dreizähliges Axensystem gegründet werden.« [Naumann wählt nun *kein rechtwinkliges* sondern ein monoklinisches dreizähliges Axensystem.]

Uebergang der rhomboëdrischen Substanz in eine asymmetrische Form vorausgesetzt werden.

Mit der Möglichkeit für das rhomboëdrische System eine symmetrische Function aufzustellen, welche Stetigkeit des Uebergangs besitzt, wäre daher auch die Möglichkeit einer Erklärung der bisher unerklärten Phänomene gegeben; den Nachweis des Vorhandenseyns einer symmetrischen Function werde ich abweichend von den Grundanschauungen Miller's und Naumann's in nachstehenden Zeilen liefern.

Beginnt man eine Untersuchung über die Gestalten des rhomboëdrischen Systems mit den holoëdrischen Formen, nämlich mit dem Dihexaëder, so läfst sich das Grundgesetz in folgender Fassung ausdrücken: 1) die sechs Flächen sind gleichgeneigt gegen die Endfläche, 2) sind die sechs Neigungswinkel von je zwei Nachbarflächen einander gleich. Es sind also, wenn ich die Neumann'sche Kugelprojection anwende (Fig. 15, Taf. II).

$$1)\ aP = bP = cP = a'P = b'P = c'P$$

$$2)\ ab = bc = ca' = a'b' = b'c' = c'a$$

Ohne weitere Hypothesen anzunehmen, müssen diese Sätze genügen, sowohl für jede folgende Theorie, als auch um die Uebereinstimmung mit den bisherigen bekannten zu zeigen.

Aus dem Satz 2) folgt da $\cos ab = \cos bc$ etc. auch $\varphi_1 = \varphi_2$ etc. oder

$$\Sigma(\varphi) = 360^\circ \text{ oder } \varphi = 60^\circ.$$

Mithin folgt ganz richtig aus den gemachten Annahmen das für das rhomboëdrische System nöthige Princip der Gleichheit der Prismenwinkel.

Wählt man nun ferner aus den sechs Flächen zwei beliebige b und c' als Pyramidenflächen, so ist wegen der Gleichung 1) die Normale von P eine Axe 001, (mithin fällt diese Axe mit der rhomboëdrischen Hauptaxe zusammen) und die symmetrisch gegenüberliegenden Pyramiden b' und c müssen die vier Octaëder der obern Kugelhälfte bilden. Hiebei ist jede unzulässige Hypothese ausgeschieden und nur von der bekannten Thatsache Gebrauch gemacht wor-

den, dafs man vier in einer Kugelhälfte symmetrisch um den Mittelpunkt liegende Flächen als Octaëder betrachten kann.

Zieht man nun durch zwei dieser Octaëder, welche um 2φ von einander entfernt sind, einen gröfsten Kreis der Kugel, mit der Bedingung, dafs die Durchschnittspunkte desselben mit dem Grundkreise zugleich die Halbirungspunkte beider sind, so wird dessen Projection in N und N' schneiden; diese Punkte nun werden die Normalorte der zweiten Axe 010 seyn, welche *senkrecht* auf der ersten steht. Da nun aus der Definition der Octaëder folgt, dafs

$$Nb = N'c'$$

ferner aus 2)

$$ab = ac'$$

so mufs

$$Na = N'a$$

das heifst: a in einer Zone liegen, welche von N und N' gleich weit entfernt ist; daher
ferner aus 3)

$$Na = N'a = 90^{\circ}$$

Die Zone Pa wird daher den Grundkreis in MM' durchschneiden, welche in Folge von 3) *senkrecht* gegen N und P ist.

Es ist nun ferner der Beweis zu führen, dafs mit der Annahme dieser drei senkrechten Axen zugleich die einfachsten Zahlenverhältnisse der Indices sich ergeben; d. h. ob nämlich unter der Voraussetzung $P = 001$, $M = 100$, $N = 010$, $b = 111$ sich für a ein einfacher Index ergiebt, welcher mit den Grundsätzen 1) und 2) in keinem Widerspruch steht.

In der Folge der Zonenverhältnisse ist $f = [010, 111]$ $[001, 100]$ und daher

$$\operatorname{tang} Pf = \operatorname{tang} Pb \cos\varphi$$

da aber in jedem System mit rechtwinkligen Axen sich

$$\frac{\operatorname{tang} Pm}{\operatorname{tang} Pm'} = \frac{h}{h'} = \gamma$$

verhält, so folgt, dafs

$$\text{tang}\, Pa = \gamma \,\text{tang}\, Pf = \gamma \,\text{tang}\, Pb \cos\varphi,$$

da aber in Folge des Grundsatzes 2)

$$\gamma \cos\varphi = 1 \text{ und } \gamma = 2,$$

so ist also der Index von

$$a = 2\,0\,1.$$

Das bisher gewonnene Resultat läfst sich nun folgendermafsen stylisiren:

Die Voraussetzung dreier rechtwinkligen Axen (1 0 0): (1 1 0) : (0 0 1) $= 1 : \frac{1}{\sqrt{3}} : \frac{1}{2}$ *tang x steht mit den Grundannahmen des rhomboëdrischen Systems nicht in Widerspruch, wenn von den* 6 *in eine Kugelhälfte entfallenden Dihexaëderflächen* 4 *als Hauptpyramide und* 2 *als Domen mit dem Index* 2 0 1 *bezeichnet werden.*

In den vorhergehenden Zeilen ward auf eine sehr einfache theoretische Weise der Beweis geliefert, dafs die Grundgestalt des hexagonalen Systems sich ungezwungen von drei rechtwinkligen Axen ableiten läfst. Da nun hinlänglich bekannt ist, dafs vom Dihexaëder alle rhomboëdrischen Formen ableitbar sind, so will ich eine allgemeine Deduction derselben als überflüssig vermeiden und nur auf einige wichtige Punkte, welche zugleich Stützen meiner Theorie sind, aufmerksam machen.

Es ist nämlich vor allem der Einwand zu beseitigen, dafs zur Ableitung der Rhomboëder und Scalenoëder Annahmen gemacht werden müfsten, welche der Natur rechtwinkliger Axen vielleicht widersprächen.

Betrachten wir vor allem das Grundrhomboëder Fig. 16, Taf. II, so ist dasselbe eine hemimorphe Form der sechsseitigen Pyramide Fig. 17 und daher aus den Flächen (201), ($\bar{1}$ 1 1), (1 $\bar{1}$ 1) gebildet. Diefs ist aber zugleich die Form der parallelen Hemiëdrie des prismatischen Systems.

Dieselbe parallele Hemiëdrie bildet die sechsseitigen Scalenoëder; dieselben sind nämlich durch die Flächen von drei Pyramiden gebildet, deren je 4 und zwar nach dem Gesetz der parallelflächigen Hemiëdrie ausgebildet sind, und zwar liegen immer 2 derselben im Nachbarquadranten,

so dafs von keiner Tetartoëdrie der Kugelfläche zu sprechen ist. Während nun bei den gewöhnlichen Scalenoëdern zwei nebeneinander liegende Quadranten zur Ausbildung gelangten, sind hingegen bei *Quarz* und *Apatit* zwei gegenüber liegende, und zwar bei Quarz mit geneigtflächiger, bei Apatit mit parallelflächiger Hemiëdrie vorhanden.

Die 12flächige Pyramide ist die holoëdrische Form der erwähnten sechsflächigen Scalenoëder, und die Indices der diese Form bildenden Pyramidenflächen sind durch folgendes Gesetz mit einander verbunden:

$$h' = 3k \pm h$$
$$k' = \quad k \pm h$$
$$l' = 2l,$$

wobei die Variation der Vorzeichen von h' und k' die 12 auf der positiven Seite der Hauptaxe liegenden Flächen bestimmt.

Die parallele Hemiëdrie erzeugt aus dieser Form, wie schon gesagt, das 6flächige *ungleichseitige* Scalenoëder, hingegen das Vorhandenseyn einer der 4 Bedingungen

1) $h = k$, 2) $h = 3k$, 3) $h = o$ 4) $k = o$

die 6flächige *gleichseitige* Pyramide.

Betrachtet man nun die Methode der Berechnung, so stimmt dieselbe mit der des prismatischen Systems vollkommen überein, und hat daher in Vergleich mit den bisher bekannten Methoden des hexagonalen Systems den sehr grofsen Vortheil der Einfachheit für sich, da die schiefwinkligen Axen wegfallen. Ich werde mir nun erlauben, einige *neue*, für die Rechnung wichtige Formeln, welche die Distanzen als Functionen der Indices darstellen, zu geben; es sind diefs folgende:

$$a : b : c = 1 : \frac{1}{\sqrt{3}} : \tfrac{1}{2} M$$

$$\text{tang}^2 (0\,0\,1)(1\,1\,1) = M^2$$

$$\text{tang}^2 (0\,0\,1)(hkl) = \frac{M^2h^2 + M^2k^2}{4l^2}$$

$$\text{tang}^2 (0\,1\,0)(hkl) = \frac{4l^2 + 3M^2k^2}{M^2h^2}$$

$$\text{tang}^2 (1\,0\,0)(hkl) = \frac{4l^2 + M^2h^2}{3M^2k^2}$$

$$\cos\left[(p\,q\,o)(1\,0\,0) - (h\,k\,o)(1\,0\,0)\right. = \sqrt{3}\,\frac{hp + 3kq}{\sqrt{[(3hp + 9kq)^2 + (3kp - 3hq)^2]}}.$$

Die übrigen Formeln ergeben sich leicht bei Anwendung der sphärischen Geometrie, ich habe sie daher übergangen und bemerke nur noch dafs $c = (0\,0\,1)$ = die rhomboëdrische Hauptaxe ist.

Aus dem bisher Gesagten ist es vollkommen klar, dafs mit den Grundbedingungen des rhomboëdrischen Systems in vollendetster Uebereinstimmung nicht nur das rhomboëdrische System Miller's und das hexagonale Naumann's und Weifs' sind, sondern auch die Annahme dreier rechtwinkliger Axen. Letzteres System will ich eben deshalb mit dem Namen *orthohexagonal* belegen.

Um nun den innern Connex dieser Systeme aufzuhellen, gebe ich im nachfolgenden die allgemeinen bisher unbekannten Transformationsgleichungen:

Seyen hkl die Indices des orthohexagonalen Systems, wobei l die Hauptaxe, und $h : k = \sqrt{3} : 1$; — uvw die Indices Miller's, wobei 0 0 1 zwischen $\bar{h}$ und $\bar{k}$,
1 0 0 in h
0 1 0 zwischen $\bar{h}$ und k fällt — ferner $a_1\ a_2\ a_3\ c$ die *reciproken* Indices von Weifs, wobei c die Hauptaxe und $a_3 = a_2 - a_1$ ist; so folgt:

Orthohexagonal	Miller	Weifs
h	$2u - v - w$	$2a_1 - a_2$
k	$v - w$	a_2
l	$u + v + w$	c
$2h + 2l$	u	$2a_1 - a_2 + c$
$-h + 3k + 2l$	v	$-a_1 + 2a_2 + c$
$-k - 3k + 2l$	w	$-a_1 - a_2 + c$
$\frac{h + k}{2}$	$u - w$	a_1
k	$v - w$	a_2
$\frac{k - h}{2}$	$v - u$	a_3
l	$u + v + w$	c

Zur praktischen Vergleichung gebe ich nur noch die Indices[1]) der bekanntesten Flächen des Apatits, wobei zugleich die Tafeln Kokscharow's die Lage und den Connex deutlich ersichtlich machen.

Orthohexagonal	Miller	Naumann	Weifs	Kokscharow
Σ (111)	Σ (100)	P	$a : a : \infty a : c$	x
Σ (112)	Σ (110)	$\frac{1}{2} P$	$a : a : \infty a : \frac{1}{2} c$	r
Σ (221)	Σ $(11\bar{1})$	$2 P$	$a : a : \infty a : 2 c$	y
Σ (311)	Σ $(14\bar{2})$	$2 P 2$	$2 a : a : 2 a : 2 c$	s
Σ (131)	Σ $(52\bar{4})$	$\frac{1}{2} (3 P \frac{3}{2})$	$a : \frac{1}{3} a : \frac{1}{2} a : c$	m
Σ (241)	Σ $(21\bar{2})$	$\frac{1}{2} (4 P \frac{4}{3})$	$a : \frac{1}{4} a : \frac{1}{3} a : c$	n
Σ (110)	Σ $(2\bar{1}\bar{1})$	∞P	$a : a : \infty a : \infty c$	M
Σ (310)	Σ $(01\bar{1})$	$\infty P 2$	$2 a : a : 2 a : \infty c$	u
001	111	$0 P$	$\infty a : \infty a : \infty a : c$	P

Eine noch gröfsere Vereinfachung als die Berechnung erfährt die Construction der rhomboëdrischen Gestalten. Jede zweckmäfsige und einfache Constructionsmethode wird von der Mohs'schen axinometrischen Methode ausgehen, welche sich ebenso einfach und in allen Fällen verläfslich zeigt, wie die Neumann-Miller'sche Kugelprojection; für beides sind *alle anderen Methoden*, wie sehr sie auch manchmal angerühmt sind, unzweckmäfsig, allzu complicirt, und erreichen erst durch Combination das Ziel: »ein vollkommnes Bild des Krystalls darzustellen.« Allein bei der Zeichnung der hexagonalen Substanzen verläfst Mohs seine bei den übrigen Systemen befolgte Methode; legt man aber hier der Construction die drei senkrechten Axen des orthohexagonalen Systems zu Grunde, befolgt also die axinometrische Methode; so lassen sich auf eine ungemein einfache und absolut genaue Weise alle Combinationen, selbst die der schwierigsten Art, lösen. Für die Construction

1) Die Summenzeichen zeigen das Vorhandenseyn der analogen nach den bekannten Gleichungen zu bildenden Flächen an.

des regulären gleichseitigen Sechsecks bemerke ich, dafs, wenn man die zwei orthohexagonalen Axen

$$h:k = 100:010 = \sqrt{3}:1$$

als Ordinaten und Abscissenaxe betrachtet, also

$$h = x, \quad k = y$$

die 6 Linien, wobei die möglichen Zeichenwechsel zu beachten sind, folgende Gleichungen haben:

$$[110] \qquad x = \sqrt{3}, \qquad y = 1$$

$$[100] \qquad x = \frac{\sqrt{3}}{2}, \qquad y = 0$$

Es wurde nun in dem Vorhergehenden der strenge Beweis geliefert, dafs die Gestalten des rhomboëdrischen Systems sich durchweg von drei senkrechten Axen ableiten lassen; im Nachfolgenden sollen einige mögliche Einwürfe besprochen und die gewonnenen Grundsätze und Resultate zur Erreichung des eingangs gesteckten Zieles benutzt werden.

Vor allem könnte man mir den Einwurf machen, dafs auf synthetischem Wege, durch Transformation der Coordinaten man immer die Möglichkeit besitzt, ein rechtwinkliges Axensystem zu substituiren; allein erstens ist diefs für das rhomboëdrische System bisjetzt in wissenschaftlicher Beziehung nicht geschehen, zweitens besteht ein grofser Unterschied zwischen dem Beziehen auf ein willkührliches und dem auf jenes Axensystem, welches alle Verhältnisse strenge und einfach darstellt, und mit den physikalischen Eigenschaften in Einklang steht. Würde die Möglichkeit vorhanden gewesen seyn, die Verhältnisse des monoklinischen Systems einfach und in Zusammenhang mit den physikalischen Eigenschaften streng auf ein rechtwinkliges Axensystem zu beziehen, man würde gewifs den schon betretenen Pfad nicht verlassen und schiefwinklige Axen angenommen haben. Man darf ja nie übersehen, dafs die Krystalle nicht blofs, nach geometrischen Gesetzen zu betrachtende Moleculcomplexe sind, sondern vielmehr auch andere physikalische Eigenschaften besitzen, welche letz-

tere auf die allgemeinen Anschauungsweisen gewaltigen Einflufs zu üben berufen sind.

Einige Härteversuche gegen die Möglichkeit des orthohexagonalen Systems sprechen zu lassen, ist ebenfalls unstatthaft, da es bewiesen, dafs diese von der Cohäsion bedingt ist, während eben für letztere und deren Abhängigkeit von den Krystallaxen (deutlich zeigt diefs das prismatische System) noch kein Gesetz bekannt ist; ebenso unstatthaft wäre es einen Einwurf gegen die Bezeichnungsweise zu erheben, da ja Miller, Weifs, Naumann ebenfalls durch Variation und Ableitungsgleichungen die Symbole der homologen Flächen bilden.

Alle übrigen Consequenzen, welche ich noch entwickelt habe und die besonders manch interessantes optisches Verhalten prismatischer Krystalle enthüllen, will ich hier darzustellen mich enthalten und nur noch mein eigentliches Ziel zu erreichen suchen.

Ueberblickt man meine Untersuchungen, so erhellt, dafs durch sie eine *symmetrisch geometrische* Function aufgestellt wird, welche auch bei Aenderungen noch symmetrisch bleibt und nie eine asymmetrische Gestalt abzuleiten gestattet, daher die *Dispersion der Hauptschnitte* ausschliefst. Geht man nun auf die bekannten Erscheinungen zurück, so findet man, dafs Apatit, Beryll, Turmalin zweiaxig sind, Krystalle deren rhomboëdrischer Habitus (mit Ausnahme Breithaupt's frühern Messungen) nicht bezweifelt ward. Da man nun mit Recht gewöhnt ist (aus den optischen Eigenschaften prismatischer Krystalle ist mir die Ableitung des Grundsatzes gelungen, dafs die Elasticitätsaxen, welche mit den Diagonalen eines Prisma von 60° zusammenfallen, nahe gleich sind) als Merkmal der Einaxigkeit die oben unter 1) und 2) aufgestellten Eigenschaften zu betrachten, so folgt, dafs das Ungleichwerden der gleichseynsollenden Elasticitätsaxen, also der Uebergang zur Zweiaxigkeit, oder vom *speciellen* zum *allgemeinen* Fall, auch ein Verlassen

des *speciellen* geometrischen (rhomboëdrischen) Charakters zur Folge haben müsse.

Diefs ist aber nur durch Aenderung der Axenlängen zu erreichen. Da nun eine solche Aenderung im *orthohexagonalen* Systeme den Uebergang in das prismatische bewirkt, also die *Identität des optischen und krystallographischen Charakters aufrecht erhält*, so ist *eben mit der Annahme der rechtwinkligen Axen des orthohexagonalen Systems die Erklärung des Phänomens gegeben.*

Es reduciren sich unter dieser Voraussetzung die bisher beobachteten Thatsachen auf eine genauere Bestimmung von Constanten, welche mit dem Fortschritt der Wissenschaft möglich ward, und mit der Theorie im vollsten Einklang steht. Es wird sich durch genauere mit den feinsten Hülfsmitteln unternommene Messungen zeigen, ob in der That an diesen Substanzen nachweisbare Differenzen vorkommen. Ohne meinen Untersuchungen vorzugreifen, kann ich schon jetzt behaupten, an *Apatit* Winkeldifferenzen gefunden zu haben, welche auf den prismatischen Charakter deuten, allein dieselben nicht so prononcirt, wie Breithaupt angiebt, und erfordern eine Genauigkeit, bei welcher die Fehler des Beobachters und des Instruments 15 Sekunden nicht übersteigen. Allein zu Gunsten meiner Theorie darf ich nicht blofs bei dieser Thatsache stehen bleiben, sondern auch noch erinnern, dafs in keinem andern Systeme so viele Verwechselungen vorgekommen sind, wie zwischen rhomboëdrisch und prismatisch. Meine Theorie erklärt leicht diese Erscheinung, so wie die *bisher unerklärten* Variationen des Glimmers, indem sie die Möglichkeit zeigt, dafs bei Glimmer bei nahezu constanter Krystallgestalt die optischen Eigenschaften mit der Dichte [1]) variiren können.

Ebenso wie im tesseralen und pyramidalen Systeme ist es nun auch im orthohexagonalen möglich vom Speciellen zum Allgemeinen aufzusteigen, und die Charaktere der ein-

1) Ein Fall, welcher ebenfalls in den Grundsätzen meiner letzthin publicirten Abhandlung seine vollkommene Erklärung findet.

zelnen Systeme sind jetzt alle in der Eigenschaft von ***symmetrisch stetigen*** Functionen der Axenlängen dargestellt. Es sind nun die Kennzeichen des

tesseralen	$a:b:c = 1:1:1$
pyramidalen	$= 1:1:l$
orthohexagonalen	$= \sqrt{3}:1:l$
prismatischen Systems	$= h:1:l.$

Hiermit ist der eingangs aufgestellte Satz bewiesen, dafs: ***die Gruppen der geometrischen und optischen Eigenschaften sich decken und der Gruppe der isophanen und symmetrisch anisophanen Körper auch die einfache geometrische Ableitbarkeit von drei senkrechten Axen entspricht.***

Diese Anschauungen, welche ich hier aufgestellt habe, sind für Krystallophysik von Wichtigkeit, da sie die homologe Bildung der Elasticitätsaxen mit den Krystallaxen zeigen; auf die blofs naturgeschichtlichen Untersuchungen haben sie hingegen keinen Einflufs, da man das orthohexagonale ebenso wie das rhomboëdrische System getrennt vom prismatischen bestehen lassen kann, und nur jene Substanzen wirklich in das prismatische eingereiht werden müssen, bei denen Winkeldifferenzen nachzuweisen gelungen ist.

Denn verschieden von der Naturgeschichte hat die Physik der Krystalle nicht die Aufgabe der Specialisirung, sondern vielmehr alle Erscheinungen unter die gröfsern Umrisse einer Theorie zu vereinigen, welche alle und selbst die scheinbar widersprechendsten Phänomene gründlich zu erklären im Stande ist.

III. *Bestimmung der Schwingungsrichtung des Lichtäthers durch die Reflexion und Brechung des Lichtes; von W. Lorenz.*

Der gegenwärtige Aufsatz schliefst sich zweien anderen an, die ich im Bd. 111 dieser Annalen veröffentlicht habe. Nachdem ich hier die Richtung der Schwingungen des Lichtäthers durch die *Beugung* des Lichtes zu bestimmen gesucht hatte, war es mir in dem zweiten Aufsatze angelegen gewesen, die Bedeutung der Jamin'schen Versuche zur Entscheidung dieser Frage zu entkräftigen, indem auf eine sehr einfache Erklärungsweise derselben aufmerksam gemacht wurde, die die Frage ganz unentschieden läfst.

Die Richtigkeit der Fresnel'schen Intensitätsformeln, jetzt mit Inbegriff der Jamin'schen Correction, ist bekanntlich durch Versuche bestätigt. Durch eigene Versuche über die Drehung der Polarisationsebene durch Brechung, wo selbst bei einer Drehung von 18° der beobachtete Werth nicht 12 Minuten von dem berechneten abwich, habe ich mich auch selbst überzeugt, dafs Abweichungen von den Formeln, wenn solche überhaupt stattfinden, wenigstens sehr klein seyn müssen, und für den Zweck des gegenwärtigen Aufsatzes ist es hinreichend, nur dieses festzustellen.

Die Berechnung der Intensität des reflectirten und gebrochenen Lichtes ist so oft gemacht worden, dafs es unnöthig scheinen möchte, dieselbe wieder aufzunehmen, wenn man nicht, je nach den gemachten Voraussetzungen, zu so entgegengesetzten Resultaten gekommen wäre, dafs für den Augenblick die Frage in vollständige Verwirrung gerathen ist. Um den endlichen Schlufs rücksichtlich der Schwingungsrichtung des Lichtäthers ziehen zu können, habe ich daher alle zweifelhaften oder bezweifelten Voraussetzungen, so wie die der Gleichheit der Druckkräfte und Verschiebungen an beiden Seiten der Gränzfläche vermieden, und

die Rechnung auf die allgemeinen Gesetze der Bewegung elastischer Körper zurückgeführt.

Ich lege die ebene Gränzfläche der beiden Mittel parallel zur Coordinatenebene (yz), und nehme nun ganz im Allgemeinen an, dafs sowohl die Dichtigkeit als die Elasticität des Aethers Functionen von x sind. Die unter dieser Voraussetzung gebildeten Differentialgleichungen der Bewegung transformire ich in solcher Weise, dafs sie integrirt werden können, wenn nachher angenommen wird, dafs die Dichtigkeit und die Elasticität des Aethers nur zwischen Werthen von x, die einander sehr nahe liegen ($x > 0$ und $x < \varepsilon$), variabel sind, aufserhalb dieser Gränzen dagegen constant.

Es seyen die Componenten der Bewegung nach den drei Axen mit ξ, η, ζ; die normalen Druckkräfte mit N_1, N_2, N_3 und die tangentiellen mit T_1, T_2, T_3 bezeichnet. Diese Elasticitätskräfte sind bekanntlich durch folgende Gleichungen bestimmt:

$$N_1 = \lambda\theta + 2\mu\frac{d\xi}{dx} \qquad T_1 = \mu\left(\frac{d\eta}{dz} + \frac{d\zeta}{d\eta}\right)$$

$$N^2 = \lambda\theta + 2\mu\frac{d\eta}{d\eta} \qquad T_2 = \mu\left(\frac{d\zeta}{dx} + \frac{d\xi}{dz}\right)$$

$$N_3 = \lambda\theta + 2\mu\frac{d\zeta}{dz} \qquad T_3 = \mu\left(\frac{d\xi}{d\eta} + \frac{d\eta}{dx}\right);$$

indem h und μ die von x abhängigen Elasticitätscoëfficienten sind und

$$\theta = \frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}.$$

Wir erhalten ferner die Gesetze der Bewegung, wenn t die Zeit und ϱ die variable Dichtigkeit des Aethers sind, durch die folgenden Differentialgleichungen ausgedrückt:

$$\frac{dN_1}{dx} + \frac{dT_3}{dy} + \frac{dT_2}{dz} = \varrho\frac{d^2\xi}{dt^2} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

$$\frac{dT_3}{dx} + \frac{dN_2}{dy} + \frac{dT_1}{dz} = \varrho\frac{d^2\eta}{dt^2} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

$$\frac{dT_2}{dx} + \frac{dT_1}{dy} + \frac{dN_3}{dz} = \varrho\frac{d^2\xi}{dt^2} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Diese Gleichungen werden durch Integrale von der Form

$$f = \varphi(x)\, e^{(kt - nz)\sqrt{-1}}$$

befriedigt, und wir gebrauchen keine allgemeinere Integrale aufzusuchen, indem wir die Einfallsebene des Lichts in der Ebene der xz oder die Wellenfläche parallel zur Axe der y fallen lassen. Also haben wir

$$\frac{df}{dx} = k\sqrt{-1}\, f,\ \frac{df}{dz} = -n\sqrt{-1}\, f,\ \frac{df}{dy} = 0.$$

Werden ferner die Schwingungen in Componenten parallel und senkrecht zur Axe der y zerlegt, so können wir jede dieser Componenten für sich behandeln.

Wenn die Schwingungen *parallel zur Axe der y* vor sich gehen, werden $\xi = 0$ und $\zeta = 0$, und aus der Gleichung (2) ergiebt sich

$$\frac{d}{dx}\left[\mu \frac{d\eta}{dx}\right] + \mu \left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2 \eta = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

indem wir

$$\frac{d\delta}{dx} = \sqrt{\frac{k^2 \varrho}{\mu} - n^2}$$

setzen

Diese Gleichung, eine allgemeine lineare Differentialgleichung zweiter Ordnung, läfst sich durch eine neue Funktion U und eine neue Variable u in einer anderen Form darstellen. Man setze nämlich

$$\eta = e^{u - \delta\sqrt{-1}}\left[U - \frac{dU}{du}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

während U die Gleichung

$$\frac{d}{du}\left[e^{-2\delta\sqrt{-1}} \frac{dU}{du}\right] = e^{-2\delta\sqrt{-1}}\, U \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

befriedigen soll.

Suchen wir die Werthe der Differentialcoëfficienten von η, nämlich

$$\frac{d\eta}{dx} = -\sqrt{-1}\frac{d\delta}{dx}\, e^{u - d\sqrt{-1}}\left[U + \frac{dU}{du}\right],$$

$$\frac{d^2\eta}{dx^2} = \left[2\frac{du}{dx} + \frac{dl\frac{d\delta}{dx}}{dx}\right]\frac{d\eta}{dx} - \left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2 \eta,$$

und werden diese Werthe in die Gleichung (4) eingesetzt, so ergiebt sich

$$2\frac{du}{dx}+\frac{dl\frac{d\delta}{dx}}{dx}+\frac{dl\mu}{dx}=0.$$

Die Variable u ist nun durch Integration dieser Gleichung und Einführung der Constanten c bestimmt, nämlich

$$Ce^{-u}=\sqrt{\mu\frac{d\delta}{dx}}\quad\ldots\ldots\ldots\quad(7)$$

und es wird nun die Aufgabe, die Gleichung (5) zu integriren. Die arbiträren Constanten, die in das Integral eingehen, können wir vorläufig willkürlich bestimmen, indem wir

$$U=1 \text{ für } u=u_\alpha$$
$$\frac{dU}{du}=0 \text{ für } u=u_\beta$$

setzen, und das Integral wird so durch die folgende Reihe ausgedrückt werden:

$$U=1-\int_{u_\alpha}^{u}du_1\int_{u_1}^{u_\beta}du_2\, e^{2(-\delta_2+\delta_1)\sqrt{-1}}$$
$$+\int_{u_\alpha}^{u}du_1\int_{u_1}^{u_\beta}du_2\int_{u_\alpha}^{u_2}du_3\int_{u_3}^{u_\beta}du_4\, e^{2(-\delta_4+\delta_3-\delta_2+\delta_1)\sqrt{-1}}\quad(8)$$

wo δ_1, δ_2 ... dieselben Functionen von den respectiven Variablen sind, wie δ von u.

Wir nehmen nun an, dafs μ, ϱ und somit u und $\frac{d\delta}{dx}$ nur zwischen sehr engen Gränzen ($x>0$ und $x<\varepsilon$) variabel sind, aufserhalb derselben dagegen constant. Im ersten Mittel ($x>0$) seyen sie denn durch μ_1, ϱ_1, u_α und l_1, im zweiten durch μ_2, ϱ_2, u_β und l_2 bezeichnet.

Da wir also

$$\frac{d\delta}{dx}=l_1 \text{ oder } \delta=l_1x \text{ für } x<0,$$
$$\frac{d\delta}{dx}=l_2 \text{ oder } \delta=l_2x \text{ für } x>\varepsilon$$

setzen, wird δ zwischen den genannten Gränzen stetig von Null in $l_2 \varepsilon$ übergehen, und also hier als eine kleine Gröſse betrachtet werden können. Ferner verschwinden in der Reihe (8) die Differentiale du_1, $du_2 \ldots$ und somit alle Elemente der Integrale auſserhalb der Gränzen, weshalb auch hier δ_1, $\delta_2 \ldots$ sehr klein werden. Dagegen geht in der Reihe für $\frac{dU}{du}$, nämlich

$$\frac{dU}{du} = -e^{2\delta\sqrt{-1}}\left(\int_u^{u_\beta} du_1\, e^{-2\delta_1\sqrt{-1}} - \int_u^{u_\beta} du_1 \int_{u_\alpha}^{u_1} du_2 \int_{u_2}^{u_\beta} du_3\, e^{2(-\delta_3+\delta_2-\delta_1)\sqrt{-1}} + \ldots\right) \quad (9)$$

$e^{2\delta\sqrt{-1}}$ auſserhalb der Integrale als Faktor ein, und darf hier nicht vernachlässigt werden.

Die Reihen summiren sich nun leicht, wenn ε mit Null identisch gemacht wird, und wir erhalten

$$U = \frac{e^{u-u_\beta} + e^{u_\beta - u}}{e^{u_\alpha - u_\beta} + e^{u_\beta - u_\alpha}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

$$\frac{dU}{du} = e^{2\delta\sqrt{-1}}\, \frac{e^{u-u_\beta} - e^{u_\beta - u}}{e^{u_\alpha - u_\beta} + e^{u_\beta - u_\alpha}} \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Werden nun diese beiden Werthe in die Gleichung (5) eingesetzt, ferner u und δ durch ihre bekannten Werthe ausgedrückt, so ergiebt sich:

für x negativ

$$\eta = \frac{c}{\sqrt{\mu_1 l_1}}\left[e^{-l_1 x\sqrt{-1}} - \frac{\mu_2 l_2 - \mu_1 l_1}{\mu_2 l_2 - \mu_1 l_1}\, e^{l_1 x\sqrt{-1}}\right];$$

für x positiv

$$\eta = \frac{c}{\sqrt{\mu_1 l_1}} \cdot \frac{2\mu_1 l_1}{\mu_2 l_2 + \mu_1 l_1}\, e^{-l_2 x\sqrt{-1}}.$$

Es läſst sich nun hieraus das allgemeine Integral der Gleichung (4) leicht bilden, nämlich

$$\left.\begin{aligned}\eta&=\eta_1\left[\cos(c-l_1x)-\frac{\mu_2l_2-\mu_1l_1}{\mu_2l_2+\mu_1l_1}\cos(c+l_1x)\right], & x<0,\\ \eta&=\eta_1\frac{2\mu_1l_1}{\mu_2l_2+\mu_1l_1}\cos(c-l_2x), & x>0\end{aligned}\right\}\quad(12)$$

Im gegenwärtigen Falle haben wir $c=kt-nz$ zu setzen. Es geht also hervor, dafs sich aus der einfallenden ebenen Welle eine reflectirte und eine gebrochene ebene Welle bilden. Bezeichnen wir den Einfallswinkel mit α, den Brechungswinkel mit β, so ist

$$\sin\alpha=\frac{n}{\sqrt{l_1^2+n^2}},\qquad \sin\beta=\frac{n}{\sqrt{l_2^2-n^2}}$$

und führen wir diese neuen Gröfsen in die Gleichung (12) ein, indem wir für l_1 und l_2 ihre Werthe $n\operatorname{cotg}\alpha$ und $n\operatorname{cotg}\beta$ einsetzen, so finden wir für die Amplituden des reflectirten und des gebrochenen Strahles

$$\eta_1\frac{\mu_1\operatorname{tg}\beta-\mu_2\operatorname{tg}\alpha}{\mu_1\operatorname{tg}\beta+\mu_2\operatorname{tg}\alpha}\ \text{und}\ \eta_1\frac{2\mu_1\operatorname{tg}\beta}{\mu_1\operatorname{tg}\beta+\mu_2\operatorname{tg}\alpha},$$

während die Amplitude des einfallenden Strahles η_1 ist.

Nehmen wir nun mit Fresnel an, dafs der Elasticitätscoëfficient μ des Aethers constant ist ($\mu_1=\mu_2$), so kommen wir auch zu seinen Formeln für das *in* der Einfallsebene polarisirte Licht. Nehmen wir dagegen die Dichtigkeit constant $\left(\frac{\mu_1}{\sin^2\alpha}=\frac{\mu_2}{\sin^2\beta}\right)$, und messen wir die Intensität des Lichtes durch das Quadrat der Amplitude mit der Dichtigkeit multiplicirt, so finden wir für die beiden Strahlen dieselben Intensitäten, die Fresnel für das *senkrecht zur* Einfallsebene polarisirte Licht angegeben hat. Es stimmt also das Resultat in beiden Fällen mit den Versuchen überein, nur ist es nothwendig entweder die eine oder die andere Voraussetzung zu machen.

Ferner findet man leicht, dafs die Verschiebungen η und die Druckkräfte T_3 auf beiden Seiten der Gränzfläche (yz) gleich sind. Wir hätten auch direct durch eine andere Methode, die in dem folgenden angewendet werden wird, dieses Resultat erlangen können, woraus sich denn wieder die Verschiebungen ergeben würden. Ich bin aber der

hier angewendeten Methode gefolgt, weil sich auf diese Weise der nächste Schritt am leichtesten machen läfst, wenn nämlich das Brechungsverhältnifs sich nur allmählich ändert, das heifst, wenn ε sehr klein, nicht aber mit Null identisch wird, da wir in diesem Falle nur zu den Reihen (8) und (9), oder zur Gleichung (6) zurückzugehen haben. Da aber nur die Reihe (9) für den reflectirten Strahl von physikalischer Bedeutung wird, und dieselbe schon früher (Pogg. Ann. Bd. 111, S. 466) von mir ausführlich behandelt worden ist, so begnüge ich mich hier auf diesen Aufsatz zu verweisen. Zur Vergleichung bemerke ich nur, dafs δ dort den doppelten Werth hat und dafs die vorkommenden mehrfachen Integrationen in der umgekehrten Ordnung genommen sind, was aber doch auf die Form der Reihe für den reflectirten Strahl keinen Einflufs hat.

Wenn die Schwingungen des Lichtäthers *senkrecht zur Axe der y*, also *in* der Einfallsebene liegen, so werden die Gleichungen der Bewegung (1) und (3):

$$\frac{d}{dx}\left[\lambda\theta + 2\mu\frac{d\xi}{dx}\right] - n\sqrt{-1}\,\mu\frac{d\zeta}{dx} + \mu\left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2\xi = 0 \qquad (13)$$

$$\frac{d}{dx}\mu\left[\frac{d\zeta}{dx} - n\sqrt{-1}\,\xi\right] - n\sqrt{-1}\,\lambda\frac{d\xi}{dx} + (\lambda+2\mu)\left(\frac{d\delta'}{dx}\right)^2\zeta = 0 \qquad (14)$$

indem

$$\sqrt{\frac{k^2\varrho}{\mu} - n^2} = \frac{d\delta}{dx} \text{ und } \sqrt{\frac{k^2\varrho}{\lambda+2\mu} - n^2} = \frac{d\delta'}{dx}$$

gesetzt wird.

Wir führen nun vier neue Funktionen φ, ψ, φ', ψ' durch die folgenden Gleichungen ein:

$$\xi = n(\varphi - \psi) + \frac{d\delta'}{dx}(\varphi' + \psi') \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

$$\frac{d\xi}{dx} = -\sqrt{-1}\left[n\frac{d\delta}{dx}(\varphi+\psi) + \left(\frac{d\delta'}{dx}\right)^2(\varphi' - \psi')\right] \quad (16)$$

$$\zeta = -\frac{d\delta}{dx}(\varphi+\psi) + n(\varphi' - \psi') \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

$$\frac{d\zeta}{dx} = -\sqrt{-1}\left[-\left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2(\varphi - \psi) + n\frac{d\delta'}{dx}(\varphi' + \psi')\right] \quad . \quad (18)$$

Aus diesen vier Gleichungen können zwei Differentialgleichungen gebildet werden, welche in Verbindung mit den beiden ursprünglichen, nachdem ξ u. s. w. durch die neuen Functionen ausgedrückt sind, vier Differentialgleichungen zur Bestimmung der neuen Functionen geben.

Um die weitere Rechnung zu erleichtern führen wir eine Bezeichnung d_1 ein, die vor die verschiedenen Functionen φ, ψ, φ', ψ' gesetzt eine etwas verschiedene Bedeutung hat, die durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt ist:

$$\frac{d_1 \varphi k}{dx} = e^{-\delta\sqrt{-1}} \frac{d\varphi e^{\delta\sqrt{-1}} k}{dx}, \quad \frac{d_1 \psi k}{dx} = e^{\delta\sqrt{-1}} \frac{d\psi e^{-\delta\sqrt{-1}} k}{dx},$$

$$\frac{d_1 \varphi' k}{dx} = e^{-\delta'\sqrt{-1}} \frac{d\varphi' e^{\delta'\sqrt{-1}} k}{dx}, \quad \frac{d_1 \psi' k}{dx} = e^{\delta'\sqrt{-1}} \frac{d\psi' e^{-\delta'\sqrt{-1}} k}{dx},$$

wo k eine beliebige Function ist. Aus diesen Gleichungen ergiebt sich ferner

$$\frac{d\varphi k}{dx} = \frac{d_1 \varphi k}{dx} - \sqrt{-1}\,\frac{d\delta}{dx}\varphi k, \quad \frac{d\psi k}{dx} = \frac{d_1 \psi k}{dx} + \sqrt{-1}\,\frac{d\delta}{dx}\psi k,$$

u. s. w.

Bilden wir so aus der Gleichung (15) den Ausdruck für $\frac{d\xi}{dx}$, so erhalten wir mit Hülfe der Gleichung (16):

$$\frac{d_1 n\varphi}{dx} - \frac{d_1 n\psi}{dx} + \frac{d_1 \frac{d\delta'}{dx}\varphi'}{dx} + \frac{d_1 \frac{d\delta'}{dx}\psi'}{dx} = 0,$$

oder einfach

$$\frac{d_1 \xi}{dx} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (19).$$

Auf dieselbe Weise ergeben die beiden nächsten Gleichungen

$$\frac{d_1 \zeta}{dx} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (20).$$

Ferner finden wir

$$\frac{d}{dx}\left[\lambda\theta + 2\mu\frac{d\xi}{dx}\right] = \frac{d_1}{dx}\left[\lambda\theta + 2\mu\frac{d\xi}{dx}\right] - 2n\mu\left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2(\varphi - \psi)$$
$$- \frac{d\delta'}{dx}\left[\lambda n^2 + (\lambda + 2\mu)\left(\frac{d\delta'}{dx}\right)^2\right](\varphi' + \psi').$$

Beachtet man aber die Werthe von $\frac{d\delta}{dx}$ und $\frac{d\delta'}{dx}$, so findet man

$$\lambda n^2 + (\lambda + 2\mu)\left(\frac{d\delta'}{dx}\right)^2 = \mu\left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2 - n^2\mu,$$

wodurch die beiden letzten Glieder der Gleichung gleich $-\mu\left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2 \xi + n\sqrt{-1}\,\mu\frac{d\zeta}{dx}$ werden. Aus der Differentialgleichung (13) ergiebt sich also

$$\frac{d_1}{dx}\left[\lambda\theta + 2\mu\frac{d\xi}{dx}\right] = 0 \text{ oder } \frac{d_1 N_1}{dx} = 0 \quad . \quad . \quad (21).$$

In derselben Weise giebt die Gleichung (14):

$$\frac{d_1}{dx}\mu\left[\frac{d\zeta}{dx} - n\sqrt{-1}\,\xi\right] = 0 \text{ oder } \frac{d_1 T_2}{dx} = 0 \quad . \quad (22).$$

Wir nehmen nun wie früher an, dafs λ, μ, ϱ und somit $\frac{d\delta}{dx}$, $\frac{d\delta'}{dx}$ nur zwischen sehr engen Gränzen ($x>0$ und $x<\varepsilon$) variabel sind, aufserhalb derselben dagegen constant.

Setzen wir also

$$\delta = l_1 x, \quad \delta' = l'_1 x \text{ für } x > 0$$
$$\delta = l_2 x, \quad \delta' = l'_2 x \text{ für } x < \varepsilon$$

so werden δ und δ' zwischen diesen Gränzen von Null in $l_2\varepsilon$ und $l'_2\varepsilon$ stetig übergehen, und als sehr kleine Gröfsen hier betrachtet werden können.

Entwickeln wir nun zum Beispiel in der Gleichung

$$\frac{d_1\varphi k}{dx}dx = e^{-\delta\sqrt{-1}}\frac{d\varphi e^{\delta\sqrt{-1}}k}{dx}dx$$

den Factor $e^{-\delta\sqrt{-1}}$ nach Potenzen von δ, und integriren wir von $x=0$ bis $x=\varepsilon$, so wird offenbar das erste Glied sehr grofs gegen alle folgende Glieder seyn, und die letzteren können daher vernachlässigt werden, wenn das Integral nicht unendlich wird. In derselben Weise schliefsen wir, dafs sich aus der Gleichung (19) oder $\frac{d_1\xi}{dx}=0$, durch Integration zwischen den genannten Gränzen

$$[\xi]^{x=0} = [\xi]^{x=\varepsilon} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (23)$$

so wie aus den folgenden Gleichungen

$$[\zeta]^{x=0} = [\zeta]^{x=\varepsilon} \quad \ldots \ldots \quad (24)$$
$$[N_1]^{x=0} = [N_1]^{x=\varepsilon} \quad \ldots \ldots \quad (25)$$
$$[T_2]^{x=0} = [T_2]^{x=\varepsilon} \quad \ldots \ldots \quad (26)$$

ergeben wird.

Es geht also hervor, dafs die Composanten der Verschiebungen und die Druckkräfte an beiden Seiten der Gränzfläche gleich sind.

Aus den Gleichungen (15) und (17) ersieht man leicht, dafs φ und ψ den transversalen, φ' und ψ' den longitudinalen Schwingungen entsprechen, und dafs ψ und ψ' der reflectirten Welle, wenn φ und φ' der einfallenden angehören. Bezeichnen wir also diese Functionen an der Gränzfläche mit den Indices 1 und 2 für das erste und zweite Mittel, und machen wir ψ_2 und ψ'_2 gleich Null, da die reflectirten Strahlen nur im ersten Mittel existiren, so werden nun die letzten vier Gleichungen, nach einer kleinen Transformation der dritten Gleichung, indem $\mu\left[n^2+\left(\frac{d\delta}{dx}\right)^2\right]$ statt $(\lambda+2\mu)\left[n^2+\left(\frac{d\delta'}{dx}\right)^2\right]$ eingesetzt wird:

$$n(\varphi_1-\psi_1)+l'_1(\varphi'_1+\psi'_1)=n\varphi_2+l'_2\varphi'_2 \qquad (27)$$
$$-l_1(\varphi_1+\psi_1)+n(\varphi'_1-\psi'_1)=-l_2\varphi_2+n\varphi'_2 \qquad (28)$$
$$2nl_1(\varphi_1+\psi_1)+(l_1^2-n^2)(\varphi'_1-\psi'_1)$$
$$=\frac{\mu_2}{\mu_1}[2nl_2\varphi_2+(l_2^2-n^2)\varphi'_2] \qquad (29)$$
$$-(l_1^2-n_2)(\varphi_1-\psi_1)+2nl'_1(\varphi'_1+\psi'_1)$$
$$=\frac{\mu_2}{\mu_1}[-(l_2^2-n^2)\varphi_2+2nl'_2\varphi'_2] \qquad (30).$$

Für den gegenwärtigen Zweck können wir uns beschränken, diese Gleichungen in einem besonderen Falle zu lösen. Wir nehmen an, dafs die beiden Mittel nur unendlich wenig von einander verschieden sind, und dafs die einfallenden Strahlen nur transversale Schwingungen enthalten. Also ist $\varphi'_1=0$ und die Gröfsen ψ_1, ψ'_1, $\varphi_2-\varphi_1$, φ'_2 werden unendlich klein. Ferner vertauschen wir l_1, l'_1 und μ_1 mit l, l', μ, und l_2, l'_2, μ_2 mit $l+dl$, $l'+dl'$, $\mu+d\mu$. Die Gröfsen ψ'_1 und φ'_2 lassen sich nun

sehr leicht eliminiren und aus den zwei genommenen Gleichungen ergiebt sich dann

$$\varphi_2 = \varphi_1 \left[1 - \frac{n^2+3l^2}{n^2+l^2} \cdot \frac{dl}{2\lambda} - \frac{d\mu}{2\mu}\right],$$

$$\psi_1 = \varphi_1 \left[\frac{n^2-l^2}{n^2+l^2} \cdot \frac{dl}{2l} + \frac{3n^2-l^2}{n^2+l^2} \cdot \frac{d\mu}{2\mu}\right]$$

Aus diesen Werthen leiten sich die Amplituden der einfallenden, reflectirten und gebrochenen Welle leicht ab, denn sie verhalten sich wie

$$\varphi_1 : \psi_1 : \left(1 + \frac{l\,dl}{n^2+l^2}\right) \varphi_2.$$

Bezeichnen wir nun wie früher den Einfallswinkel mit α, und setzen wir

$$\operatorname{cotg} \alpha = \frac{l}{n}, \quad -\frac{d\alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{dl}{n},$$

so ergiebt sich für das Verhältnifs der drei Amplituden

$$1 : \frac{d\alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} + (3 \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) \frac{d\mu}{2\mu} : 1 + \frac{d\alpha}{\sin 2\alpha} - \frac{d\mu}{2\mu} \qquad (31).$$

Die Fresnel'schen Intensitätsformeln, die auch für zwei unendlich wenig verschiedene brechende Mittel gelten müssen, stimmen nun mit diesem Resultate *nur in dem Falle* überein, dafs *μ constant ist*, in dem entgegengesetzten Falle aber nicht.

Aus den Verhältnissen (31) können wir, wie ich schon früher (Pogg. Ann. Bd. 111, S. 460) gezeigt habe, die Amplituden der reflectirten und gebrochenen Strahlen für *endlich* verschiedene Mittel berechnen, wenn von den longitudinalen Schwingungen abgesehen wird.

Um sich über diese letzteren eine richtige Vorstellung zu bilden, mufs man beachten, dafs l' imaginär wird für $\sin^2 \alpha > \frac{\mu}{\lambda + 2\mu}$, also wenigstens wenn der Einfallswinkel 45° überschreitet und wahrscheinlich auch für weit kleinere Einfallswinkel. Die Wellen verbreiten sich in diesem Falle ganz wie die Oberflächewellen einer Flüssigkeit längs der Gränzfläche und nehmen mit dem Abstande von dieser Fläche schnell ab. Diese longitudinalen, oder wie wir sie

lieber nennen mögen, Oberfläche-Wellen, bringen wieder transversale Schwingungen von der ursprünglichen Art hervor; berücksichtigt man diese, oder nimmt man sogleich einen endlichen Unterschied der beiden Mittel an, so stimmen die Resultate nicht mehr mit der Erfahrung überein. Man ist also genöthigt anzunehmen, dafs die Oberflächewellen aus irgend einem Grunde nicht im Stande sind wieder transversale Schwingungen von der ursprünglichen Art hervorzubringen.

Bekanntlich hat man immer eine Absorption angenommen, und diese durch Einführung eines Absorptions-Coëfficienten näher zu bestimmen gesucht. Allein jede Rechnung mit einem solchen Coëfficienten schliefst implicite in sich eine Theorie der unvollkommen elastischen Körper und wir sind noch weit davon, eine solche begründen zu können. Deshalb kann man auch mit diesem Coëfficienten *jedes beliebige Resultat* erlangen, es kommt nur darauf an, wie man denselben einführen will und nach welchen Gesetzen man die Druckkräfte berechnen will.

Auf einem solchen Boden läfst sich kein sicherer Schritt weiter machen. Ich habe mich daher auf alle diese Schwierigkeiten nicht eingelassen, ich habe gar keine Absorption oder Mangel an Elasticität des Aethers angenommen, die unendlich kleinen longitudinalen Schwingungen bilden sich wirklich beim Uebergange des Lichtes an jeder consecutiven Schicht — nun aber habe ich angenommen, dafs diese Schwingungen aus irgend einem Grunde nicht im Stande sind transversale Schwingungen von der ursprünglichen Art hervorzubringen. Vielleicht kann man diesen Grund darin suchen, dafs die Gränzfläche keine absolute Ebene ist, weshalb die Oberflächewellen mehrmalige Reflexionen erleiden und dadurch ihren ursprünglichen Charakter verlieren müssen.

Das gewonnene Resultat schliefst die Möglichkeit, die Dichtigkeit des Aethers sey constant, völlig aus, und wir machen also den Schlufs, dafs der Elasticitätscoëfficient μ des Aethers (über den eigentlichen Zusammendrückbarkeits-Coëfficienten λ wissen wir dagegen gar nichts) in allen

durchsichtigen, unkrystallinischen Körpern und im leeren Raume derselbe ist. Daraus folgt nun weiter, *dafs die Schwingungen des Lichtäthers senkrecht zur Polarisationsebene sind.*

Copenhagen den 28. Juni 1861.

IV. *Ueber die näheren Bestandtheile des Meteoreisens; von Frhrn. v. Reichenbach.*

XVI.

Das Bandeisen.

Die fünfzehnte dieser Abhandlungen beschäftigte sich mit dem ersten Gliede der Trias in den Meteoriten, dem Balkeneisen oder Kamacit; hier wollen wir zum zweiten Gliede in derselben fortschreiten, dem schon mehrfältig erwähnten *Bandeisen.*

Wenn man ein Stück Meteoreisen, das die Bedingungen zu Widmannstättenschen Figuren enthält, zerschneidet und polirt, so zeigt es in der Regel nichts als eine spiegelblanke, *gleichfarbige* Eisenfläche. Man sieht daraus, dafs die verschiedenen Bestandtheile, welche hiebei in die Schnittfläche zu liegen kommen, alle von gleicher Farbe und gleicher scheinbarer Dichtigkeit sind und mit dem Auge nicht unterschieden werden können. Beispiele der Art sind *Agram, Charlotte, Carthago, Schwetz, Louisiana, Madoc, Putnam, Bohumiliz, Sarepta, Tula, Bata* u. v. a. Diese Bestandtheile sind aber die Glieder der Trias und unter ihnen auch das Bandeisen, womit wir uns hier beschäftigen wollen, für sich und ohne fremde Einwirkung erlitten zu haben, vollkommen gleichfarbig mit dem Balkeneisen, (Kamacit), von dem bereits die Rede war und mit dem Fülleisen, von

dem wir bald zu reden hoffen. Zwischen beiden aber liegt das Bandeisen mitten inne.

Anders aber wird es damit, wenn man eine solche polirte Eisenfläche entweder *in der Hitze zum Anlaufen* bringt, oder sie mit *verdünnten Säuren anätzt*. Bei Ersterem bildet sich in der Hitze auf der Oberfläche eine feine Oxydschicht; man weifs, dafs sie sich im luftleeren Raume nicht bildet und dafs angelaufenes Eisen im Wasserstoffgase aufs Neue erhitzt, seine Farben wieder verliert. Die Anlaufhitze ist für Stahl bei gelb 230° C., bei purperroth 263°, bei sattblau 290°. Allein dieser Farbenwechsel auf der Oberfläche ist eine Interferenzerscheinung des Lichtes, wozu die dünne und halbdurchsichtige Oxydschicht, je nach ihrer Dicke und Erhitzung die geigneten Umstände darbietet. Bei einem von den genannten Hitzgraden läuft das Meteoreisen an, jedoch nicht einfarbig auf seiner ganzen Oberfläche, wie der Stahl diefs thut, sondern mit verschiedenen Farben. Und zwar sind es die verschiedenen Eisenarten (s. v. o.), welche bei gleichen Hitzgraden verschiedene Farben annehmen. Wenn das Balkeneisen (Kamacit) schon dunkelblau geworden ist, so erscheint das Fülleisen bläulich roth, das Bandeisen aber goldgelb. Vergleicht man diefs mit den Ergebnissen der Aetzung, so sieht man, dafs die Anlauffarben gleichen Schrittes gehen mit ihrer Löslichkeit des Metalls in der verdünnten Säure; je mehr eine Eisenart den Angriffen der Säure unterliegt, je leichter und rascher sie aufgelöst wird, desto geringere Hitze bedarf sie zum Anlaufen, desto früher wird sie über das Gelbe hinaus beim Blauwerden anlangen. Umgekehrt je kräftiger eine Eisenart der Säure widersteht, desto stärker widersteht sie auch in der Hitze den Angriffen der Luft, desto später geht sie von gelb zu blau über. Am Ende geht daraus hervor, dafs *beide Erscheinungen in gleicher Weise auf stärkerer oder schwächerer Verwandtschaft zum Sauerstoffe* beruhen. Nun lehren die Erfahrungen, die ich an verschiedenen Meteoriten gesammelt habe, dafs zuerst das Balkeneisen (Kamacit) anläuft, einige Zeit später das Fülleisen, zuletzt das fadige

Bandeisen. Ebenso macht der Kamacit schnellere Fortschritte im Farbenverlaufe als beide andern, und wenn der Kamacit schon tiefblau geworden, so ist das Fülleisen purpern und das Bandeisen noch goldgelb. So fand ich es bei *Elbogen*, bei *Bata*, bei *Carthago, Durango, Tula* u. a., bei allen waren Verlauf und Anlauf vollkommen gleich, und *Anlauf und Aetzung dienten sich gegenseitig zur Controle.* Das Balkeneisen (Kamacit) hat also die stärkere Verwandtschaft zum Sauerstoffe; dem folgt im Mittel das Fülleisen und in der schwächsten Verwandtschaft zum Sauerstoffe zeigt sich das Bandeisen. Beim Anätzen mit Säuren geht ähnliches vor, die Eisenfläche verfärbt sich, das Balkeneisen wird lichtgrau, dieselben Linien und Fäden kommen röthlichgelb zum Vorschein und das Fülleisen macht sich dunkelgrau. Hier machen wir uns ausschliefslich nur mit diesen Fäden zu thun, welche das in der letzten Abhandlung schon bezeichnete Bandeisen sind.

Des Ausdrucks »Bandeisen« bediene ich mich auch nur für den Hausgebrauch, für die allgemeine wissenschaftliche Sprache schlage ich das Wort »*Tänit*« vor, von *ταίνια*, Band, Binde, Streifen.

Die durch Aetzung empfangene Farbe des Bandeisens ist genau diejenige Schattirung von gelb und roth, welche wir in der botanischen Terminologie *lateritius* nennen, zwischen ziegelfarbig und isabellfarbig. Aufser den Angriffen von Hitze und von Säure, scheint auch die Zeit die Oberfläche des Bandeisens gelbroth färben zu können; denn wenn man lockere Meteoreisen auseinander bricht, so findet man gewöhnlich darin Flitter von Bandeisen, welche gelbroth sind. Hitze, Säuren und Einflufs von Luft und Feuchtigkeit wirken also hier gleich und verrathen, dafs es ein Sauerstoffangriff auf das Metall ist, der ihm die lebhafte Farbe beibringt. Das Metall an sich selbst ist demnach nicht gelb, sondern eisengrau, und das Gelb ist nichts als ein Anflug auf seiner Oberfläche von einem Suboxyde, wie diefs die sauerstoffige Beschaffenheit des Anlaufs allein schon beweist.

Das Bandeisen, das auf den geätzten Flächen der Meteoriten gewöhnlich nur in Form von Linien sich zeigt, besteht aber gleichwohl nicht aus Fäden, wie es auf den ersten Anblick scheint. Diefs giebt sich bald kund, sowie man einen Widmanstätten nach mehreren Richtungen schneidet, namentlich rechtwinklig auf diese Linien. Man sieht dann auf dem Querschnitte, dafs sie in die Eisenmasse eindringen und Blätter darin bilden, wovon die scheinbaren Fäden nur das Ausgehende sind. Führt man dann Schnitte gleichgerichtet mit diesen Blättern, so werden sie bald mit einem solchen zusammentreffen, und dieses wie Markstrahlen, wenn man Holz auf der Spiegelseite bearbeitet, blofs legen. Dann wird man gewahr werden, dafs die gelbe Farbe nur einem papierdicken Blättchen angehört, welches das Eisen durchsetzt. Auch in Fällen, wo man eine Kante etwas rund zuschleift, kommen die Blätter zu Tage; die Oberfläche erscheint dann da geflammt, wie Hölzer, die starke Markstrahlen haben, z. B. Buchen und Eichen. So sah ich es bei *Caille*, *Elbogen*, *Louisiana* u. a. m.

Ich fand Gelegenheit, diefs noch schöner zur Klarheit zu bringen. Es giebt, wie ich schon früher erwähnte, einige Meteoreisen in der Widmanstättengruppe, welche theilweise einen etwas losen Zusammenhang haben. Sie lassen sich, ohne ihnen Gewalt anzuthun, mit mäfsigen Stöfsen in Brokken zertheilen, welche natürlichen Ablösungen folgen. Diefs geschicht oftmals in der Richtung der Bandeisenblätter, welche lose werden und Zerklüftungen machen. Balkeneisen und Fülleisen gehen dann auseinander und die mitten innenliegenden Blätter des Bandeisens fallen von selbst heraus. Mir ist diefs gelungen mit *Ashville*, *Sevier* und *Cosby*. Stücke davon sind fast freiwillig aus einander gefallen und haben isabellgelbe Theile entblöfst, die ich mit der Pincette recht gut herausklauben und von allem Angehänge frei machen konnte.

Dabei hat sich dann ergeben, dafs das Bandeisen (Tänit) *ein selbstständiger näherer Bestandtheil der Meteoriten* ist, sehr bestimmt ausgesprochen, wohlbegränzt, leicht ablöslich,

und zu den beiden andern Gliedern der Trias in keinem andern, als in einem blofsen Appositions- und Interpositionsverhältnisse stehend.

Das *specifische Gewicht* fand ich aus 4 Wägungen, die ich damit vorgenommen, im Mittel = 7,428, also nicht gar viel verschieden von dem Gewichte der mittleren Meteoreisenmassen, selbst nicht von Cosby, der zu 7,260 angegeben wird.

Es bildet nirgends eine Anhäufung und wird niemals derb, sondern es besteht aus dünnen Blättchen und Bändern, gewöhnlich nur papierdick, bisweilen in Winkeln anschwellend bis zu Kartenblattdicke, aber auch auf der andern Seite sich zu so aufserordentlichen Lamellen verdünnend, dafs man es unter Umständen mit einer guten Doppellupe, ja oft genug mit dem zusammengesetzten Mikroskope suchen mufs. Die Blättchen haben selten eine ausgedehnte ununterbrochene Fläche, sondern sie sind gewöhnlich von Auskerbungen und Löchern stellenweise gestört, ohne jedoch dadurch im Zusammenhange nach der Länge gänzlich unterbrochen zu werden; sie bekommen ein etwas zersetztes Aussehen. Sie sind etwas elastisch, wie Blech, endlich biegsam und von der Festigkeit des Eisens. Sie haben neben ihrer röthlichgelben äufsern Farbe Metallglanz und erhalten sich blank, auch während die ihnen benachbarten Eisenarten schon mit Rost überzogen sind. Häufig sind sie etwas wellig oder rippig, indem sie sich der äufsern Gestalt des Balkens anschliefsen. Ich besitze einen *Sevier*, in welchem ein Kamacit blofsliegt, der flach, fast einen Zoll breit, und über drei Zoll lang ist, in gerader Richtung gestreckt, ein Prachtstück von einem Balken, wie er vielleicht nicht bald wieder vorkömmt. Auf seiner ganzen Länge und Breite ist er mit einem losen Bande von blankem Bandeisen überzogen, das also, die stellenweisen Lücken mit eingerechnet, volle drei Quadratzolle grofs ist. In der kaiserlichen Sammlung zu Wien erinnere ich mich vor Jahren einen *Caille* gesehen zu haben, der ausgezeichnet schöne halblose Blätter dieser Art enthält. Auch ein *Du-*

rango liegt dort, der sich zu hieher bezüglichen Studien ausgezeichnet eignet.

Der einzige Fall, in welchem das Bandeisen etwas mehr Körper bekommt, tritt da ein, wo es zwischen die Enden und die Anfänge von zwei bis drei Balken, die es begleitete und umfafste, zu liegen kömmt. Es entstehen dann kleine scharfzugespitzte Tetraëderchen daraus, deren Flächen alle konkav sind. Ich habe viele davon aufgesammelt. In jede der Konkavitäten pafste jedesmal das stumpfe Ende eines daraus lose gewordenen Balkens.

Aufser dieser Art des Vorkommens tritt das Bandeisen noch in einer ungleich feinern Form auf. Diefs geschieht im Fülleisen. Dieses wird häufig von zahlreichen Bandeisenblättern durchsetzt, die dicht und parallel neben einander gelagert nicht selten in solcher Menge erscheinen, dafs sie das Fülleisen dem Anscheine nach röthlich färben und von solcher Feinheit, dafs man sie ohne Vergröfserungsgläser nicht unterscheiden kann. So in *Elbogen, Ruff, Burlington, Atacama* u. a. Da ich aber das Fülleisen erst in der nächsten Abhandlung beschreiben kann, so mufs ich die nähere Schilderung dieses Gegenstandes, der dort unter der Bezeichnung »*Kämme*« vorkommen wird, bis dahin verschieben.

Endlich kommen in den Eisenmeteoriten oftmals noch Nadeln vor, die nach Farbe und chemischem Verhalten alle Uebereinstimmung mit Bandeisen zeigen. Man findet sie in *Durango, Cap, Rosgata, Hauptmannsdorf, St^a Rosa* etc. Auch davon mufs ich die nähere Auseinandersetzung auf die nächste Zukunft aufschieben.

Es giebt einige Fälle, in welchen Meteoreisen, das die Trias enthält, uns noch vor dem Aetzen auf der polirten Fläche seinen Inhalt, also auch sein Bandeisen verräth. Diefs ist bei einigen wenigen Eisen der Fall, nämlich bei *Burlington, Agram, Bohumiliz* und *Ashville.* Es geschieht, wenn die Politur sehr hoch und zwar bis zu dem Grade getrieben wird, wo die Stahlarbeiter sie schwarz nennen. Diefs erreicht man nur mit grofser Behutsamkeit, weil das Meteoreisen für hohe Politur zu weich ist. Brachte man es

aber dahin, so werden bei Burlington die Widmanstätten-schen Figuren von selbst kenntlich und bei Agram und Ashville bedarf es nur des Anhauchens, um sie sogleich zu Tage zu fördern. Mit dem Wegtrocknen des Hauches verschwindet dann auch die Zeichnung wieder. Ohne Zweifel wird es noch einen und andere Eisenmeteoriten geben, welche bei gleich hoher Politur in gleichem Grade empfindlich sind.

Neben der Isabellfarbe, welche die feinen Linien des Bandeisens durch die Einwirkung stark verdünnter Säuren empfangen, unterscheiden sie sich auch noch dadurch, dafs diese beide von den sehr verdünnten Säuren angegriffen werden, und auf ihrer polirten Oberfläche dadurch mechanische Veränderung erleiden, das Bandeisen aber nach erlangter Färbung unangegriffen bleibt. Das Balkeneisen (Kamacit) wird, wie gezeigt, schraffirt, das Fülleisen, wie wir ferner das Nähere ersehen werden, trübkörnig, das Bandeisen (Tänit) aber blank und unangegriffen. Wenn alles auf der Eisenfläche sich matt ätzt, so bleibt das Bandeisen metallisch glänzend und nun kann das Auge erst recht gut den feinen Linien seiner Zeichnung folgen. Dabei versteht sich, dafs die Säure hinreichend verdünnt gewesen sey, denn eine starke Mineralsäure löst endlich alles mit einander auf und verwüstet die zarten Gebilde eines milden Angriffes. Concentrirte Essigsäure greift das Bandeisen nicht an, löst aber Kamacit und Fülleisen, und kann deshalb mit Vortheil, doch mit viel Zeitaufwand, zu Aetzungen benutzt werden.

Der *chemische Bestand* der Verbindung, welche das Bandeisen ausmacht, ist für die Meteoritenkunde von grofsem Belange. Diefs erkennend haben schon viele Chemiker sich angelegen seyn lassen ihn auszumitteln. Die Ergebnisse ihrer Arbeiten sind überaus verschieden ausgefallen und geben deswegen gegründeten Bedenklichkeiten Raum. Der Grund hievon liegt in der Art, wie sie sich das Material dazu verschafft haben. Diese bestand überall darin, dafs sie die Meteoreisen von der Gruppe der Wid-

mannstätten in verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure auflösten, und das ungelöst gebliebene, wo es als gelbe Blättchen und Körner erschien, als Bandeisen betrachteten und analysirten. Dieser Weg scheint mir aber sehr unsicher. Was die Säure liegen läfst, kann einerseits aus sehr verschiedenem Gemenge bestehen, und anderseits ist ihm in jedem Falle von der Säure ein Antheil seiner Substanz entrissen worden. Es hat also ein jeder mehr oder weniger Anderes analysirt und daher kamen dann die grofsen Verschiedenheiten in den Ergebnissen, an die uns zu halten wir nicht wagen können. Um sie aufzuführen und einzeln zu beurtheilen, fehlt es hier an Raum, ich mufs mich daher begnügen auf die Arbeiten der Herren Patera, Bergemann, Smith, Düflos, Rammelsberg, Fischer u. a. hinzuweisen.

Anders nun wird der Fall seyn, wenn es gelang, nicht auf chemischem, sondern auf mechanischem Wege zu soviel Bandeisen zu gelangen, als zu einigen ausführlichen chemischen Arbeiten und deren Controle erforderlich ist. Diefs ist jetzt geschehen bei dem obengemeldeten Zerbröckeln eines Stückes Cosby in kleine Fragmente von Wickenkorn- bis zu Bohnengröfse. Hier gönnte mir der Zufall eine erklekliche Menge abgesonderter Bandeisenplättchen aufzusammeln, einen zureichenden Antheil von diesem edeln Körper zu einer chemischen Zerlegung hingeben und gleichwohl noch eine hübsche Portion davon für sich aufbewahren zu können. Diese Arbeit nahm mein Sohn [1]) vor. Er machte drei sorgfältige Analysen auf abgeänderten Wegen, die gut mit einander übereinstimmten, sie ergaben als Bestand des Bandeisens (Tänits):

1) Dieser Sohn ist aber nicht etwa ein akademischer Doktorant, sondern ein Jüngling von beiläufig 50 Jahren, in der Analyse bewandert und geübt.

Eisen	85,714
Nickel	13,215
Kobalt	0,550
Schwefel	0,226
Phosphor	0,295
	100.

An dieses Ergebnifs wird man sich mit einigem Zutrauen festhalten können. Es ist der erste nähere Bestandtheil, der aus der Trias *mechanisch für sich allein rein herausgesondert*, unvermengt mit irgend welchen Zufälligkeiten, der Analyse unterworfen worden ist. Wir erhalten damit einigen Anhalt in der Verwicklung, und von ihm aus ist zu hoffen, dafs wir auch den andern Zusammensetzungsgliedern der Eisenmeteorite in gleicher Reinheit näher kommen werden. Das Atomverhältnifs, welches daraus hervorgeht, nähert sich wieder dem von 1 At. Nickel zu 6 At. Eisen. Es geht hieraus hervor, dafs das Nickel hier in verhältnifsmäfsig gröfserer Menge vorhanden ist, als in der Trias von Cosby überhaupt. Eine Untersuchung der gegesammten Trias von Cosby, d. i. des rohen Meteoriten im Ganzen, ergab nämlich in zwei Analysen:

I.		II.	
Eisen	90,125	Eisen	89,324
Nickel u. Kobalt	9,786	Nickel	10,123
Phosphor	0,089	Kobalt	0,422
Schwefel	Spur	Phosphor	0,131
	100.	Schwefel	Spur
			100.

Völlige Uebereinstimmung gleichnamigen Untersuchungsmaterials dürfen wir in den Gesammtmeteoritenanalysen niemals erwarten, weil dieses in den verschiedenen Theilen ein- und desselben Exemplars jederzeit in ungleichen Verhältnissen der nähern Bestandtheile gemengt ist; so viel jedoch ist aus obigem ersichtlich, dafs der Gesammtmeteorit verhältnifsmäfsig weniger Nickel, weniger Kobalt, weniger Phosphor, besonders weniger Schwefel, dagegen Eisen allein in gröfserer Menge enthält als das Bandeisen, und dafs folg-

lich dieses sich wesentlich durch seinen bedeutend höhern Nickelgehalt auszeichnet. Diefs ist um so mehr der Fall, als in dem Gesammtmeteoritenmaterial verhältnifsmäfsige Antheile von Bandeisen nicht fehlen, was hierbei nicht übersehen werden darf.

Wenn man nun auf dieser Seite einige Befriedigung darin finden kann, dafs es gelungen, durch mechanische Lostrennung und Analyse eines nähern Bestandtheiles des Meteoreisens einigermafsen einen festen Punkt in dem Gemenge zu gewinnen, so wird es auf der andern Seite fast entmuthigend, wenn man die Wahrnehmungen, die das Mikroskop uns gewährt, damit zusammenstellt. Ich habe Stückchen von Bandeisen geschliffen und mit stärkerer Säure angeätzt, dann unter die Linsen gebracht. Fast nirgends habe ich reines homogenes Metall gesehen. Ueberall waren darin *anders geartete Körperchen mechanisch eingelagert.* Sie waren so überaus klein, dafs sie mit der Lupe nicht, wohl aber mit dem zusammengesetzten Vergröfserungsglase wahrnehmbar waren. Phosphornickeleisen war sonder Zweifel einer dieser feinen Gemengtheile. Daraus ersehen wir aufs Neue, dafs die Zusammenfügung von Bestandtheilen in den Eisenmeteoriten nicht minder als in den Steinmeteoriten, wie ich diefs in vorangegangenen Auseinandersetzungen dargethan habe, beinahe ins Unendliche fortgeht, und unsere Hoffnung, endlich mit Klarheit bei einer festen Gränze anzulangen, bedauerlich trübt. So wie diese Dinge dermal stehen, bleibt uns besseres schwerlich übrig, als uns für jetzt an die »näheren Bestandtheile« in dem Sinne zu halten, wie wir diefs in der organischen Chemie und in der Geologie thun und auf welchem Wege ich auch in gegenwärtigen Untersuchungen mich bewegt habe.

Sehr häufig kommt es vor, dafs die Linien oder *Fäden, die das Bandeisen auf den Schliffflächen macht, nicht mehr einfach,* sondern mit der Lupe betrachtet, als *gedoppelt erscheinen.* Diefs entsteht auf folgende Weise. Das Bandeisen schliefst in der Pallasgruppe, in der Widmannstättengruppe und überall in der Trias das Fülleisen ein, wodurch

Quadrate, längliche Rechtecke, Dreiecke u. s. w. desselben auf den geätzten Flächen entstehen, welche von Bandeisenfäden eingeschlossen erscheinen. Wenn die Balken des Kamacits beieinander liegen, und diese Figuren schmal werden, so dafs zwei parallele Seiten eines Rechteckes enge zusammenrücken, so nähern sich jene Fäden einander. Endlich geschieht es, dafs das Fülleisen zwischen zwei Balken theilweise, stückweise, ja ganz verschwindet. In diesem Falle verschwinden aber gewöhnlich die Bandeisenfäden nicht, sondern sie legen sich nach dem Ausfallen des Fülleisens ganz dicht aneinander an, so fest, dafs man sie auf den ersten Blick für einen einfachen Faden hält. Allein unter dem Vergröfserungsglase gewahrt man, dafs es zwei Fäden sind, welche sofort zwei Bandeisenblättern zugehören. Sie sind aber so dicht an einander angeschlossen, dafs man oftmals Mühe hat, ihr Doppelwesen sicher zu erkennen. Jedes von ihnen gehört dem ihm anliegenden Kamacitstabe zu, und man ersieht hieraus, dafs während das Fülleisen verschwindet, die Bandeisenfäden bei dem Balkeneisen ausharren, und zwar zu jeder Seite desselben. Es läfst sich daraus weiter folgern, dafs *das Bandeisen* (*der Tänit*) *nicht sowohl dem Fülleisen, als vielmehr dem Balkeneisen* (*dem Kamacit*) *angehört, von dem es nicht weicht* und dem es unter allen Umständen folgt. Es gewährt diefs ein sehr charakteristisches Merkmal, an welchem man in Zweifelfällen schnell und sicher das Bandeisen von andern Eisenarten unterscheiden und sich über die Natur der Letztern aus der Lagerungsfolge trefflich orientiren kann.

Wir wollen nun dem Bandeisen noch durch die verschiedenen Gruppen von Meteoriten folgen. Zuerst in die Pallasgruppe, in der es sehr deutlich ausgebildet ist. Es folgt darin mit Regelmäfsigkeit dem Balkeneisen auf allen seinen Krümmungen und zwar immer auf seiner äufsern, dem Fülleisen zugekehrten Seite und von diesem überlagert, niemals auf seiner andern dem Olivine zugewendeten Unterfläche; *immer liegt es als isabellfarbiger Faden zwischen Balkeneisen und Fülleisen, niemals zwischen Balkeneisen und*

Olivin. Es folgt überall dem Balkeneisen sklavisch nach bis in seine äufsersten spitzigsten Winkel. *Niemals gesellt es sich dem Schwefeleisen zu, niemals dem Graphite,* sondern verharrt ausschliefslich eingeklemmt zwischen Balkeneisen und Fülleisen. Wir haben daher alle Ursache, auf ein tiefer liegendes Verhältnifs zwischen Balkeneisen (Kamacit) und Bandeisen (Tänit) zu schliefsen, dessen Aufdeckung wohl jenseits menschlicher Erkenntnifs liegen mag.

Sehr zart tritt das Bandeisen in *Brahin* auf: fast eben so fein in *Atakama* und *Bitburg*, in welchen beiden man es an manchen Stellen mit der Lupe suchen mufs; in *Pallas* erkennt man es nach der Aetzung schon mit aufmerksamem Auge in seinen röthlichen Fäden; in *Steinbach* ist es noch deutlicher ausgebildet, aber sehr fein eingelagert. — In den Tolucesen sind dieselben im *Istlahuaca, Ocotitlan, Manji, Bata, Tejupilco, Xiquipilco* überall zwischen dem Balkeneisen und Fülleisen reichlich und deutlich vorhanden. — In den Meteoriten der Widmannstättengruppe, in deren Bau sie einen so wesentlichen Bestandtheil ausmachen, besitzen sie ihre schönste Entwicklung; ich nenne darunter die schönen Gebilde von *Misteca, Durango, Burlington, Lokport, Orangeflufs, Madoc, Carthago, Agram, Schwetz, Redriver, Pittsburg, Nebrasca, Tula, Guildfort, Ruff, Texas, Petropawlowsk, Caille, Seneca, Elbogen, Lenarto, Ashville, Sta. Rosa,* dann die zarten Gewebe von *Charlotte, Löwenflufs, Tazewell, Putnam,* sofort die derbern wie *Bohumiliz, Bemdego, Bruce,* und die groben knollenhaften *Blackmountains, Cosby* und *Seeläsgen,* in welch sechs letztern das Bandeisen gerade am schwächsten und in um so feinern Linien vertreten, je dicker und wulstiger das Balkeneisen aufgetrieben ist. — In *Schwetz* weichen sie häufig von ihrer gewöhnlichen geraden Richtung ab, und schlängeln und krümmen sich an vielen Stellen hin und her, den Unebenheiten besonders des querdurchlaufenden dickern Balkeneisens folgend. Schwache Spuren davon gewähren *Caryfort* und *Arwa,* wo man nur mit Anstrengung Trennungslinien zwischen Balkeneisen und Splittern von

Fülleisen ansichtig zu werden vermag, die mit abgebrochenen rothgelben Strichelchen besetzt sind; sie sind aber, wenn auch nicht ganz leicht wahrzunehmen, doch entschieden überall vorhanden.

Endlich finden wir untergeordnete geringe Reste von diesen rothgelben Fäden, wie schon oben vorgekommen, in *Hauptmannsdorf* und *Claiborne,* wo es da und dort sehr kleine, öfters mikroskopische Inselchen von Fülleisen fein einschliefst.

Bandeisen in Doppelfäden, wovon soeben die Rede war, finden wir in *Bruce, Cap, Misteca, Texas, Burlington, Tejupilco, Istlahuaca, Durango, Lokport, Madoc, Caryfort, Elbogen, Agram*; in *Orangeflufs* in eigenthümlicher Weise; ferner in *Carthago, Ruff, Bata, Putnam,* sehr fein in *Löwenflufs*, sparsam in *Schwetz, Caryfort* und *Sevier*, desto reichlicher in *Lenarto* und *Ocotitlan,* undeutlich in *Seneca,* nicht selten in *Atakama, Bitburg* und *Pallas*, besonders zwischen dem in das Fülleisen öfters einspringenden Balkeneisen.

In dem Eisennetze der Steinmeteoriten habe ich die Fäden dieser Eisenart reichlich am deutlichsten in *Hainholz* aufgefunden. In dem Eisenkorne von *Blansko* kommen sie nicht vor. In *Seres, Piney, Chantonnay, l'Aigle,* mehr oder minder deutliche mikroskopische Spuren.

Eine Zeichnung davon läfst sich nicht geben. Und diefs darum nicht, weil das Bandeisen immer und ohne Ausnahme auf der Gränzlinie zwischen Balkeneisen und Fülleisen liegt und da so fein auftritt, dafs es mit dieser Linie zusammenfällt. Es läfst auf solche Weise dem Zeichner keinen Raum und der Beschauer mufs sich begnügen, die Gränzlinien zwischen beiden Nachbarn für die Linien des Tänits selbst zu nehmen.

Rückblick.

1) Polirte Eisenflächen der Meteoriten sind gleichfarbig eisengrau. Die Glieder der Trias sind also an und für sich so nahe von einerlei Farbe, dafs man sie mit dem Auge

nicht zu unterscheiden vermag. Läfst man sie aber anlaufen, ätzt man sie an, oder überläfst man sie der Zeit und der Luft, so treten sie auseinander und sie erscheinen in lichtgrauer, in isabellgelber und in dunkelgrauer Farben-Verschiedenheit.

2) Isabellgelb (lateritii) erscheinen zarte Fäden in grauem Grunde, welche das Ausgehende von dünnen Blättern ausmachen, welche den Eisenkörper zahlreich durchsetzen. Beim Zerfallen einiger derselben lösen sich diese Blätter los, werden frei, können abgesondert aufgesammelt werden, und treten als selbstständiger näherer Bestandtheil, als Glied der Trias auf, genannt *Bandeisen, Tänit.*

3) Dessen specifisches Gewicht aus Cosby ist 7,428. — Die Blätter sind bis zu 3 Zoll lang und 1 Zoll breit, als papierdicke Lamellen vorgefunden worden. Der stoffige Bestand zeigt bei der Analyse verhältnifsmäfsig gröfsere Menge Nickel, als sich in der Gesammttrias vorfindet, über 13 Procent.

4) Das Bandeisen (Tänit) pafst sich auf der einen Seite dem Balkeneisen (Kamacit) genau an, auf der andern umfängt es das Fülleisen auf der ganzen Oberfläche. Wenn dann das Letztere abnimmt und zuletzt oftmals ganz verschwindet, so bleibt das Bandeisen als Doppelblatt übrig und seine Fäden erscheinen dann im Schnitte häufig als Doppellinien, dicht an einander angeschlossen.

5) Sein Vorkommen ist in der Pallasgruppe bogenförmig krummlinig, in der Widmannstättengruppe wesentlich geradlinig, wenn auch häufig hierin durch Zufälligkeiten verworfen. Immer findet man es zwischen Balkeneisen und Fülleisen eingeklemmt, niemals im Gefolge von Schwefeleisen, Graphit etc.

6) Selbst im Eisen mancher Steinmeteoriten finden sich Tänitblättchen vor.

V. *Ueber die näheren Bestandtheile des Meteoreisens; von Frhrn. v. Reichenbach.*

XVII.

Das Fülleisen.

Wir langen bei dem dritten Gliede der Trias an. Es ist diefs die *dunkelgraue Eisenverbindung*, welche den Zwischenraum ausfüllt, den die Blätter und Fäden des Bandeisen einschliefsen. Sie liegt nach ihren Aufsenseiten überall ringsum unmittelbar innerhalb des Bandeisens (des Tänits), ist von ihm eingefangen und umgeben, hat nach innen hin keinen Nachbar, weil sie, das letzte Glied in der Reihe, die Mittelräume ausfüllt, also den Kern der ganzen Zusammensetzung, d. i. der Trias ausmacht. Polirt ist sie nicht oder nur in seltenen Fällen schwach unterscheidbar von beiden andern Eisenarten, wo nämlich hohe bis ins Schwarze gesteigerte Politur und Hauch darauf schon hinreichen, die Widmannstättenschen Figuren kenntlich zu machen, wie bei *Burlington, Ashville, Agram* u. a.; aber angeätzt tritt sie schnell mit ihren Eigenthümlichkeiten zum Vorscheine. Ich füge eine Skizze davon bei, Fig. 11 Taf. II, worauf die punktirten Stellen Fülleisen sind, wie es nach der Aetzung erscheint.

Seine Figur auf der Schnittfläche wird von der Unterlage bestimmt, auf welche es sich gelegt hat, dem Bandeisen (Tänit); es wird also wie diese bald von einsprengenden Kreisbögen eingeschlossen, die sich in letzter Instanz von der Oberfläche von Olivinkugeln ableiten, bald von quadratischen, bald von oblongen Formen, bald von den Seiten gleichseitiger Dreiecke, bald von gleichmäfsigen, bald von unregelmäfsig krummen Linien eingeschlossen, alles je nachdem die letzte Unterlage, die ihre Form bedingt, gestaltet ist. Das Gefüge erscheint formlos, dicht, aus amorpher gleichartiger Substanz zusammengehäuft, äufserst feinkörnig.

Von Aussehen glanzlos, vollkommen matt; von Farbe grau, nicht eisengrau und nicht aschgrau, sondern trübe, mehr oder minder dunkel, und häufig mit einem schwachen Stiche ins Grünliche oder Röthliche angethan. Unterm Mikroskope bei 92facher Vergröfserung behält es dieselbe Feinkörnigkeit bei. Seine Gegenwart ist in den verschiedenen Meteoriten ungleich deutlich ausgeprägt, in vielen unterscheidet es sich sehr in die Augen fallend von allen andern Eisenarten, wie in *Agram*, *Elbogen*, *Carthago*, *Pallas*; in einigen, namentlich den mit knolligem Balkeneisen, nähert es sich so sehr dem letzteren (dem Kamacite), verliert so viel von seiner eigenthümlichen Farbe und Glanzlosigkeit, dafs man es nach der Aetzung nur noch an seinem matteren Schimmer, an seinem Mangel an sichtbarem Gefüge, und der Abwesenheit von Schraffirung unterscheiden kann, wie in *Seeläsgen, Cosby*, *Blackmountains*. Reine Stückchen davon herauszupräpariren, ist bis jetzt noch nicht ernstlich versucht worden; es wird aber früher oder später wohl gelingen, zunächst vielleicht bei *Cosby* oder *Ashville*, die gern aus dem Gefüge gehen; dann wird man es, isolirt wie den Tänit, der Chemie überantworten und seine stoffige Constitution ermitteln können.

Das *Vorkommen* des Fülleisens in den verschiedenen Meteoriten ist wieder in der Pallasgruppe am schönsten ausgesprochen. Es scheidet sich in *Pallas* selbst sehr in die Augen fallend vom weifsen Balkeneisen und vom Bandeisen (Tänit) durch seine feine dunkle glanzlose graue Farbe. Nicht minder scharf ausgebildet tritt es in *Steinbach* auf; ebenso schön dunkelgrau, kleiner nur in *Bitburg*. In *Atakama* ist es einen geringen Schatten heller; noch um eine Tinte heller finden wir es in *Brahin*. Ueberall in dieser Gruppe bringen es die auf die Meteoriten geführten Schnitte mit Figuren zu Tage, deren Gränzlinien aus mehr oder weniger in dasselbe einspringenden Kreisbögen bestehen. — In der Gruppe der Widmannstätten folgen diese Gränzlinien der geraden Richtung des Balkeneisens und bilden je nach der Richtung, in welcher der Schnitt darauf geführt

wurde, Rechtecke, Dreiecke, Rauten, und unregelmäfsige Figuren mit mehr oder minder geradlinigen Seiten. Sie sind deutlich dunkelgrau und scharf begränzt in *Elbogen, Agram*, *Lenarto*, *Ashville*, *Orangeflufs*, *Texas*, *Nebrasca, Seneca*, *Burlington*, *Lokport*, *Bata*, *Caille*, *Löwenflufs*, *Misteca*, *Tejupilco*. Mit blässerem Grau finden wir es in *Putnam*, *Schwetz*, *Seneca*, *Xiquipilco*, *Durango*, *Charlotte, Union-County*, *Louisiana*, *Ruff*, *Carthago*, *Madoc*, *Ocotitlan. Sta. Rosa*, *Guildfort*, *Haxuquilla*, *Tula*. Zuletzt wird das Grau so hell, dafs es vom Balkeneisen kaum mehr zu unterscheiden ist; diefs ist der Fall bei *Bemdego*, *Bruce*, *Cosby*, *Seeläsgen*. Ja es giebt endlich einen Meteoriten, der die Regel zu brechen droht, und diefs ist *Ruff*, bei welchem unter gewissen Winkeln gegen das Licht das Fülleisen sogar heller und glänzender wird, als das Balkeneisen. Bisweilen sogar nimmt es einen Stich ins Röthliche an.

Diefs sind die Fälle, in welchen das Fülleisen der Menge seiner Gegenwart nach in zweitem Range vorkömmt; es giebt aber auch solche, in welchen es dem Balkeneisen nicht mehr nachsteht, sondern *prädominirt*, und zwar in so mächtiger Weise, wie wir diefs den Kamacit bei Hauptmannsdorf u. a. thun sahen. Diefs geschieht am ausgesprochensten an dem sehr merkwürdigen Meteoriten, dessen schwere Hauptmasse im Teylerschen Museum zu Harlem liegt, und von dem leider nur wenig unter die europäischen Naturforscher gekommen ist, nämlich *Cap*. Mein gutes Exemplar verdanke ich der gefälligen Theilnahme des Hrn. von Siebold. Die Masse dieses Meteoriten, polirt und angeätzt, ist zeichnungslos, dunkelgrau, glanzlos, gänzlich ohne alle Widmannstätten. Niemand erkennt sie auf den ersten Blick für ein Meteoreisen und es ist auch schon geschehen, dafs sie aus Meteoritensammlungen als unächt ausgeschieden worden ist. Allein das war ein Irrthum, es giebt keinen edlern, keinen interessantern Meteoriten, als diesen ganz eigenthümlichen Cap. Die Charakterlosigkeit, in dessen Verdacht ihn der erste Anblick bringt, verschwindet, sobald man nur die Lupe an ihn anlegt. Kleine glän-

zende Fleckchen, die man kaum beachtete, lösen sich auf in Doppellinien von wohlcharakterisirtem Tänit; andere ähnliche breitere Pünktchen gehen auseinander, der Tänit umfängt eine winzige Ellipse, innerhalb deren er Stäbchen von Balkeneisen einschliefst, an dem selbst Pünktchen von Schwefeleisen haften, und alles zeigt, dafs in diesem merkwürdigen Eisenmeteoriten die drei letztern Eisenverbindungen wie in allen andern vorhanden, aber bis auf ein Kleinstes zurückgedrängt sind. Diefs ist geschehen lediglich zum Vortheile des Fülleisens, welches in solchem Uebermaafse vorwaltend geworden, dafs nunmehr der ganze Meteorit ein blofses Stück Fülleisen ausmacht, in welchem die beiden andern Glieder der Trias nur noch spurenweise vorkommen, kaum noch so viel, dafs sie die Gewähr für die Natur der grofsen Masse liefern können. In dieser Ausbildung steht Cap unter allen Meteoriten, die wir bis jetzt erlangt haben, sehr ausgezeichnet da. Da sehen wir denn, dafs das Fülleisen in grofse parallele Partieen abgetheilt ist, die sich durch nichts als durch schwache Schattirungsnüancen zwischen Grau und Grau kaum merkbar von einander unterscheiden. Das dunklere ist mehr nach innen, das hellere mehr nach aufsen gelagert, wodurch eine Art Schichtung wenigstens angedeutet ist. — Der Nächste, der bei genauer Prüfung an die Seite von Cap gestellt werden dürfte, ist vielleicht Green County, besser *Babbsmill* genannt. Er liegt in der kaiserlichen Sammlung in Wien und ist in dieser bedauerlichen Schatzkammer für Studien gegenwärtig leider unzugänglich. Ein kleines Stückchen davon sah ich in der Universitäts-Sammlung zu Berlin, und es wurde mir gern vergönnt, mich seiner Prüfung ruhig zu widmen, so lange ich es nur wünschte. Von Farbe dunkelgrau, matt, ohne Figuren, zeigt er auf der Aetzfläche sparsame weifsglänzende Pünktchen, ähnlich Nadelköpfen wie Cap, und besteht wahrscheinlich auch ganz aus Fülleisen. Beide Meteoriten gewähren uns allein die Gelegenheit, den Bau des Fülleisens einigermafsen im Grofsen betrachten zu können.

An Babbsmill schliefst sich noch *Smithland*, auch Livingston genannt, an. Das Exemplar, das ich davon habe, trägt aber so wenig bestimmte Wahrzeichen von Meteorität an sich, dafs ich Bedenken trage, für jetzt in eine Auseinandersetzung darüber im Sinne des Fülleifsens mich einzulassen. Vielleicht ist es anderswo besser charakterisirt.

Dann sind es *Saltriver* und *Kamtschatka*, welche weifses Eisen, von dem des Nächsten die Rede seyn wird, in feinen Pünktchen besitzen, die nach der Aetzung in graue amorphe feinkörnige Grundmasse sich eingelagert zeigen, die nichts anderes seyn möchte, als wohlcharakterisirtes Fülleisen.

Endlich gehört hieher der interessante Meteorit von *Rasgata* (sprich Rásgata, nicht Rasgatà), welcher ganz frei von Widmannstättenschen Figuren ist. Auch er besitzt, wie beide vorangehenden, Nadelchen von weifsem Eisen in graue Grundmasse eingelagert. Aber diese graue Grundmasse ist, betrachtet man sie unter der Lupe auf vorsichtig geätzter Schnittfläche, ganz dicht besetzt von feinsten isabellgelben Einlagerungen, die allem Ansehen nach nichts anderes sind, als auf eigenthümliche Weise eingebettete Tänitsubstanz. Wir kommen später nochmals darauf zu sprechen. Die Grundmasse dieses Meteoriten aber ist augenscheinlich nichts anderes als Fülleisen in einem bis jetzt noch nicht wieder beobachteten Gemenge mit Tänit und weifsem Glanzeisen.

Ich habe so eben erwähnt, dafs auf Cap feine geradlinige Schattirungen von Grau in Grau eine Art von Auflagerungsfolge im Fülleisen andeuten. Etwas damit Uebereinstimmendes findet man in *Lokport*. Das Fülleisen bildet in seinen Feldern hier eine Art von Zonen. Nach aufsen zu, wo es an das Bandeisen (Tänit) sich anlegt, ist es tief dunkelgrau, gegen seine Mitte hin wird es heller, in der Mitte selbst ist es am hellsten grau. Manche Felder bilden einwärts noch einmal eine dunkle Zone und erst in der Mitte werden sie wieder helle; einige machen nach der innern Zone noch einmal einen dunkeln Kernfleck. Man

sieht daraus, dafs Lokport in der Mitte steht zwischen den Eisenmassen mit dunkelem und mit hellem Fülleisen. Es thut aber auch diese agatähnliche Zeichnung am deutlichsten dar, wie in allen Feldern des Fülleisens *die Eisenablagerung langsam von aufsen gegen die Mitte fortschreitend vor sich gegangen ist.*

Im Eisen der *Steinmeteoriten* fand ich mit dem Suchglase das Fülleisen nur in *Hainholz*, *Piney* und zweifelhaft in *l'Aigle*; das reiche Eisenkorn von *Blansko* besitzt es nicht.

Zu einer *chemischen Untersuchung* würde uns, sollte man denken, Cap Stoff genug darreichen. Es ist auch von Hrn. Wöhler auf das Sorgfältigste zerlegt worden. Er fand neben Eisen und Kobalt nicht weniger als 15 Proc. Nickel, obgleich keine Widmannstätten hier vorhanden sind. Das Nickel ist also hier in anderer Form vorhanden. Als eine Analyse des Fülleisens dürfen wir daher diese Zerlegung auf keine Weise betrachten. Aufser Spuren von Balkeneisen und von Tänit finden sich in Cap, wie in vielen andern Meteoreisen, zahlreiche mikroskopische Nadeln vor, die seiner physiographischen Einfachheit wesentlich Eintrag thun und von denen wir nächstens Näheres vernehmen werden. Aehnlich sind die Fälle bei Babbsmill, Rasgata, Saltriver und Kamtschatka, alle enthalten in ihrem Fülleisen fremdartige Einlagerungen in grofser Menge. Die Aussicht auf die Erlangung einer chemischen Kenntnifs der Constitution des Fülleisens ist daher noch nicht sehr gelichtet.

Bis hieher haben wir das Fülleisen in seiner Einfachheit betrachtet, ohne innere Verbindung mit andern Körpern. Ich habe es ebenfalls nur zum deutschen Hausgebrauche, mit dem Worte »*Fülleisen*« bezeichnet. Da aber diese Gegenstände auch in das Untersuchungsgebiet anderer Völker fallen, so wird ein allgemeiner wissenschaftlicher Ausdruck erforderlich seyn, wozu ich das Wort »*Plessit*«, abgeleitet von *πλέω*, *πλέσσω*, voll machen, füllen, vorschlagen möchte.

Wir wollen nun an die Betrachtung dieses nähern Bestandtheiles der Meteoriten *in seinen Verwicklungen mit an-*

dern Körpern gehen und zusehen, in wieweit wir uns durch gewisse Erscheinungen, die nicht allzu einfach sind, hindurcharbeiten.

Bei der Betrachtung der Felder des Fülleisens, die nach der Aetzung in der Mehrzahl eine einfach graukörnige Masse darstellen, stofsen wir nicht selten auf feine, meist parallele, röthlichgelbe, metallisch glänzende Linien, die *in grofser Zahl dicht nebeneinander* das graue Feld durchsetzen, und ihm ein röthliches Ansehen verleihen. Ihr Aussehen und Verhalten gegen die Politur und die Säuren ist so vollkommen übereinstimmend und zusammenfallend mit dem Bandeisen (Tänit), an welches sie sich überall anschliefsen, dafs die Identität der Substanz zwischen Tänit und der Substanz dieser Linien in die Augen springt. Ueberläfst man solche Füllfelder längere Zeit mit schwacher Säure der Aetzung, so frifst sie in den Grund tief ein, und die Linien werden als Tänitbänder und Plättchen entblöfst, so dafs es oft gelingt, sie mit der Pincette abnehmen zu können. Sie liegen im Fülleisen bald gepaart, bald in der Mehrzahl, bald in Gruppen, bald gehäuft, immer in Bündeln dicht nebeneinander. Manche Felder sind halb, oder nur stellenweise damit besetzt. Man kann sie häufig mit einem guten Auge unbewaffnet einzeln gut unterscheiden, bald sind sie so fein, dafs man das Suchglas zu Hülfe nehmen mufs, bald können sie nur mit dem Mikroskope unterschieden werden. In der Regel liegen sie parallel nebeneinander; bisweilen kreuzen sich solche parallele Bündel. Oftmals sind die Felder des Fülleisens davon ganz gestopft voll. Bisweilen sind alle davon voll; häufig nur einzelne Felder damit besetzt, während die andern leer sind. Bald sieht man sie auf den Schnitten der Länge nach blofsliegen, bald erscheinen sie darauf im Querschnitte. Solche Fülleisenfelder haben das Ansehen von Kämmen oder Webstuhlblättern, durch welche bei den Webern die Kette, der Zettel, durchgeführt wird, um die einzelnen Fäden von einander abgesondert zu halten. Fig. 12 Taf. II kann einige Vorstellung davon geben.

Es kömmt bisweilen sogar vor, dafs zwischen diesen

Blättchen feine secundäre Stängelchen von Balkeneisen (Kamacit) eingelagert sich blicken lassen, z. B. in *Atakama, Pallas* u. n. a. Sie werden mit dem bloſsen Auge nur schwierig unterschieden, sind aber unterm Mikroskop so deutlich ausgesprochener Kamacit, daſs man selbst seine Körnertheilung wieder erkennt.

Während die Felder jeder Gestalt beim Fülleisen davon besetzt sind, kömmt diese Erscheinung *nicht ein einziges Mal im Balkeneisen* (*Kamacit*) *vor*, *sondern ausschlieſslich nur im Fülleisen* (*Plessit*).

Ich will diese eigenthümliche Erscheinung »Kämme«, »Fülleisenkämme« nennen, einen nichtdeutschen Namen werden wir dazu nicht nöthig haben. Um sie rein darzustellen und für das Gesicht deutlich zu machen, ist vor allem eine sehr *gute Politur* des Eisens nothwendig, so daſs man darauf durchaus keine Streifen und Ueberbleibsel der vorangegangenen Schleifsteine und Polirpulver mehr gewahr werden kann; darauf darf dann nur eine ganz *schwache Säure,* Selpetersäure oder Salzsäure, so sehr verdünnt mit Wasser, daſs sie nur kaum angreiſt, aufgepinselt, beständig mit dem Haarpinsel erneuert und rasch verstrichen werden. Man hält dabei die Aetzfläche am besten etwas schief, bald diese bald jene Ecke tiefer, damit die Säure fortwährend wieder in einen Untersatz abtropfen kann. Gewöhnlich sieht man die Eisenmeteoriten in den Sammlungen so grob mit starker Säure angeätzt, daſs alle Eisenarten mit einander gleich stark angegriffen sind und man nichts mehr auf der zerfressenen Fläche erkennen kann, als zerrüttetes Gefüge von Balkeneisen. Bei solchem derben Vorgehen wird man niemals in die feine Struktur dieses Gegenstandes eindringen, und ich kann Vorsicht und Sorgfalt nicht genug empfehlen.

Das *Vorkommen* der Kämme ist deutlich in den meisten Eisenmeteoriten, welche Widmannstättensche Figuren besitzen. Wenn man einen auf *Lenarto* glücklich geführten Schnitt nach der Aetzung möglichst schief gegen das Einfallen des Lichtes hält, so sieht man unter den Fülleisen-

feldern sogleich viele in röthlichgelben Fasern schimmern, von denen sie überzogen sind. Hält man sie gegen den Sonnenstrahl, und diefs so, dafs dieser den thunlichst spitzigen Winkel mit der geätzten Schnittfläche macht, so kann es gelingen, dafs man die Schatten gewahr wird, welche die entblöfsten Tänitblättchen auf die Ebene und die Fülleisenkämme auf die schmalen Gassen werfen, die sie zwischen einander bilden. Man sieht alsdann sehr schön neben einander die Kämme und das Bandeisen (Tänit) röthlich schimmern über grauem Grunde. Aehnlich, stärker oder schwächer, findet man sie auf *Ashville*, *Nebrasca*, *Texas, Elbogen, Lokport*, *Agram*, *Durango*, *Carthago*; sparsamer auf *Istlahuaca*, *Manji, Bata*, *Tula, Tejupilco, Sta. Rosa*, *Putnam, Madoc, Orangeflufs*, *Ocotitlan*, *Seneca, Misteca*, wenig in *Bohumiliz* und *Schwetz*; sehr fein auf *Löwenflufs* und *Charlotte*; mikroskopisch auf *Ruff*; auf *Burlington* reichlich in den feinsten mikroskopischen Gruppen zusammengeschaart, wodurch für das freie Auge röthliche verschwommene Knäule entstehen, die in einander übergehen. — Bisweilen sind die Fülleisenfelder nur *fleckweise* damit besetzt, wie hier und da in *Tejupilco*; oder sie beginnen von dem Rande einer Seite aus, tauchen dann alle im Fülleisen unter, und kommen auf der entgegengesetzten Seite wieder miteinander zum Vorschein, wo sie dann wahre Kämme wie Striegeln bilden. Manchmal *durchkreuzen* sie einander unter spitzen und rechten Winkeln. Aber auch in der Pallasgruppe fehlen sie nicht, und kommen im Fülleisen derselben in ganzen Büscheln vor. *Atakama* ist fleckweise geröthet davon wie Ruff. In *Steinbach* und *Brahin* sind sie mikroskopisch. In andern Fällen sieht man ganze Füllfelder mikroskopisch fein ausgefüllt mit dem zartesten Balkeneisen, zu beiden Seiten begleitet von Doppellinien von fahlem Tänit. — Am zartesten sind die Blättchen in einzelnen Füllfeldern von *Atakama*, die sie, wie bei *Burlington*, röthlich schimmernd machen und bei hundertfacher linearen Vergröfserung in tausendfältigen Blättchen zwischen Plessit in Gruppen darstellen, welche unter sich Winkel

von 60° machen. Diefs ist alles so fein, dafs das blofse Auge davon nur noch Wechselschimmer wahrnimmt.

Meteoreisen mit Trias, in welcher ich *keine* Kämme wahrgenommen habe, sind *Seeläsgen*, *Bruce*, *Caryfort*, *Babbsmill*, *Rasgata*, *Sarepta*, *Sevier*, *Arwa*, *Chester*, *Kamtschatka*, *Cabaja*, *Cap*, *Hauptmannsdorf*, *Zacatecas*, *Nelson*, *Smithland*.

Zu einer direkten *chemischen Untersuchung* der Kämme werden wir nur schwer gelangen, es müfste denn geschehen, dafs wir einen Eisenmeteoriten fänden, in welchem die Kämme aus einander fielen nach Art von Cosby, und man die Kammplättchen herauslesen könnte. Eher jedoch könnte es gelingen, mit schwacher Säure, namentlich mit Essigsäure, das Fülleisen, in welchem die Kämme stecken, aufzulösen. Diese Säure zeigt die Fähigkeit das Eisen aufzulösen und dabei die Tänitblätter viel weniger als Mineralsäuren, ja schier gar nicht, anzugreifen, während sie Balkeneisen (Kamacit) und Fülleisen (Plessit) kalt langsam zwar, aber endlich gänzlich auflöst. Es wird vielleicht gelingen, die Kämme mit ihrer Hülfe gänzlich blofszulegen. Die Analyse wird jedoch kaum ein anderes Ergebnifs liefern, als was sie schon von den Tänitblättern gewährt hat.

Hiermit sind wir beim Schlusse der Glieder der Trias angelangt. Ihre Gesammtheit beherrscht die ganze Erscheinung des metallischen Eisens durch alle Meteoriten. Sie sind bald ziemlich gleichförmig darin vertheilt, namentlich in vielen Widmannstätten, bald waltet Ein Glied unverhältnifsmäfsig vor, wie das Balkeneisen (Kamacit) in Hauptmannsdorf und wie das Fülleisen (Plessit) in Cap, und diese schliefsen dann die Andern ganz oder fast ganz aus. Durch die Reihe der Steinmeteoriten herrscht vorwaltend der Kamacit. Das Bandeisen (Tänit) ist bis jetzt nirgends beide andern überwiegend vorgefunden worden. Einen Eisenmeteoriten oder eisenhaltigen Steinmeteoriten, der nicht unter dem Gesetze der Trias stände, giebt es wahrscheinlich nicht. Wir werden in der Folge sehen, dafs es noch andere Zufälligkeiten im Meteoreisen giebt, aber die Herrschaft der Trias

überwältigen sie niemals. Wer daher irgend einige Kenntnifs vom Wesen der Meteoriten erlangen will, mufs vor Allem Einsicht in die Trias sich erwerben, ohne welche alles Urtheil nur oberflächlich seyn kann.

Rückblick.

1) Das Bandeisen (Tänit) schliefst in den mehrsten Eisenmeteoriten felderartige Räume ein, welche mit einer eigenthümlichen Eisenverbindung ausgefüllt sind, hier Fülleisen, Plessit, genannt.

2) Es ist polirt, vor der Aetzung vom übrigen Eisen der Trias, der es angehört, dem Ansehen nach nicht zu unterscheiden: nach der Aetzung erscheint es gewöhnlich dunkelgrau, minder häufig eisengrau, in Fällen grünlich oder röthlichgrau; glanzlos, vollkommen matt, äufserst feinkörnig, amorph, der Gestalt nach von seiner Unterlage, dem Tänite, bedingt. In der Pallasgruppe ist es von bogenförmig krummen, in der Widmannstättengruppe gesetzlich von ebenen Flächen begränzt, die jedoch mancherlei zufälligen Störungen unterliegen.

3) In seltenen Fällen gewahrt man zonenartige Ablagerung, angedeutet durch Spuren von Schichtung grau in grau.

4) Es nimmt in manchen Meteoriten überhand und drängt die beiden andern Glieder der Trias so sehr in den Hintergrund, dafs die Eisenmassen fast ausschliefslich daraus bestehen, z. B. in Cap.

5) Im Eisen der Steinmeteoriten kommt es sparsam vor.

6) Die Fülleisenfelder sind häufig von äufserst feinen Bündeln, Kämmen von Bandeisen (Tänit) besetzt, ja bisweilen davon ganz vollgestopft. Sie liegen zahlreich in parallelen Blättchen nebeneinander, bald dem blofsen Auge sichtbar, bald abnehmend zarter bis zum Mikroskopischen, und geben dann dem Fülleisen röthlichgraue Färbung.

Eine chemische Untersuchung des Fülleisens und der darin vorkommenden Kämme besitzen wir noch nicht.

VI. *Ueber einige durch die Haarröhrchenanziehung des Papieres hervorgebrachte Trennungswirkungen;* *von C. F. Schönbein.*

Um die Beschreibung der Ergebnisse meiner Versuche möglichst kurz zu fassen, sei zuvörderst bemerkt, dafs dabei 8" lange und 1" breite Streifen weifsen ungeleimten Papieres angewendet wurden, welche man, senkrecht aufgehangen, an ihrem untern Ende eine Linie in die Versuchsflüssigkeit so lange eintauchen liefs, bis sie einen Zoll hoch capillar benetzt waren. Als Versuchsflüssigkeiten dienten verdünnte wässrige Lösungen von Alkalien, Säuren, Salzen und Farbstoffen.

Trennungswirkungen auf alkalische Lösungen.

Kalilösung mit 1 *Proc.* KO - *Gehalt.* Beim Eintauchen des capillar benetzten Feldes in Curcumatinctur werden nur die untern sieben Zehntel des Papieres braunroth, während die obern drei Zehntel vollkommen gelb bleiben. Ein übereinstimmendes Ergebnifs wird mit gelbem Curcuma- oder geröthetem Lackmuspapier erhalten: die höhern benetzten Stellen dieser Papiere bleiben gelb oder roth und werden nur die untern gebräunt oder gebläut.

Da der gelbe Farbstoff der Curcuma oder das Lackmusroth gegen Kali so äufserst empfindlich ist, so kann da, wo das Papier benetzt, nicht aber gebräunt oder gebläut erscheint, auch kein Kali vorhanden seyn; woraus folgt, dafs der obere Theil des Papieres durch blofses Wasser benetzt ist und somit auch, dafs durch die Haarröhrchenanziehung des Papieres Wasser von Kali auf das Vollständigste getrennt wird.

Natronlösung mit 1 *Procent* NaO - *Gehalt* verhält sich ähnlich der vorigen, doch werden $8\frac{1}{2}$ Theile des benetzten Feldes durch Curcumatinctur gebräunt und bleiben nur die obern $1\frac{1}{2}$ Theile gelb.

Lithonlösung mit 1 *Proc.* LO-*Gehalt* in Natronlösung.

Gesättigte Barytlösung. Nur die drei untern Zehntel des benetzten Feldes werden durch Curcumatinctur gebräunt und färben sich die übrigen sieben Zehntel rein gelb.

Gesättigte Strontian- und Kalklösungen. Kaum der unterste zehnte Theil des benetzten Feldes bräunt sich in Curcumatinctur und werden volle neun Zehntel rein gelb gefärbt.

Trennungswirkungen auf Säurelösungen.

Schwefelsäurelösung mit 1 *Procent* SO_3-*Gehalt.* Die untern vier Fünftel des benetzten Feldes färben die mit einem Pinselchen aufgetragene blaue Lackmustinctur roth, während das obere Fünftel keine Wirkung auf dieselbe hervorbringt. Bei Anwendung eines Streifens blauen Lackmuspapieres erhält man ein gleiches Ergebnifs: der obere Theil des benetzten Feldes erscheint blau, der Rest roth.

Salpetersäurelösung mit 1 *Proc.* NO_5-*Gehalt.* In verdünntes Lackmuspapier getaucht röthet sich nur die untere Hälfte des benetzten Feldes und färbt sich die obere blau.

Phosphorsäurelösung mit 1 *Procent* PO_5-*Gehalt.* In verdünnter Lackmustinctur röthet sich das ganze Feld.

Salzsäurelösung mit 1 *Proc.* HCl-*Gehalt.* Es röthen sich ungefähr die zwei untern Drittel.

Oxal-, Zitronen- und Weinsänrelösungen mit 1 *Procent Säuregehalt* verhalten sich ungefähr wie die Schwefelsäurelösung.

Gallusgerbsäurelösung mit 1 *Proc. Säuregehalt.* Eingetaucht in eine verdünnte Eisenoxydsalzlösung färben sich nur die untern drei Zehntel blauschwarz und bleiben die obern sieben Zehntel farblos. Aehnlich verhalten sich die wässrigen Lösungen der Gallus- und Brenzgallussäure. Was die letztere Lösung betrifft, so stelle ich mit ihr den Versuch auf zweierlei Art an, entweder so, dafs das von ihr capillar benetzte Feld erst in Kalilösung getaucht und dann der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes ausgesetzt wird, wobei nur das untere Drittel des Feldes sich bräunt

und die obern zwei Drittel farblos bleiben. Oder ich führe das benetzte Feld in eine Ozonatmosphäre ein, in welcher nur das untere Drittel desselben gefärbt wird.[1])

Trennungswirkungen auf gelöste Salze.

Eisenoxydsalzlösung mit 1 *Proc. Salzgehalt.* Ich wendete bei meinen Versuchen gewöhnlich das salzsaure Eisenoxyd an, will aber bemerken, dafs auch die übrigen löslichen Eisenoxydsalze ein gleiches Verhalten zeigen. Beim Eintauchen des benetzten Feldes in Gallusgerbsäure- oder Kaliumeisencyanürlösung färbt sich nur die untere Hälfte desselben blauschwarz oder blau und bleibt die obere farblos.

Bleinitratlösung mit 1 *Procent Salzgehalt.* Beim Einführen des bewegten Feldes in Schwefelwasserstoffgas bräunen sich die untern drei Fünftel desselben und bleiben die obern zwei Fünftel farblos.

Silbernitratlösung mit 1 *Proc. Salzgehalt.* Sieben Zehntel des benetzten Feldes werden in HS braun und bleiben die drei Obern weifs.

Kupfervitriollösung mit 1 *Proc. Salzgehalt* verhält sich ungefähr wie die Silberlösung.

Kadmiumnitratlösung mit 1 *Proc. Salzgehalt.* Nur die untere Hälfte des bewegten Feldes wird in HS gelb gefärbt und bleibt der Rest farblos.

Brechweinsteinlösung mit 1 *Proc. Salzgehalt.* In HS färbt sich das ganze benetzte Feld.

Kalkhypochlorit mit 1 *Proc. Salzgehalt.* Nur die untern vier Fünftel des benetzten Feldes bläuen den aufgetragenen verdünnten Iodkaliumkleister, während das obere Fünftel nicht auf ihn einwirkt.

Iodkaliumlösung mit 1 *Procent Salzgehalt.* Iodkalium und Wasser wandern nahezu gleich schnell durch das Papier; es eilt jedoch letzteres nur ein Weniges voraus, wie daraus erhellt, dafs beim Einführen des benetzten Feldes

1) Meinen frühern Versuchen gemäfs ist die Pyrogallussäure eines der empfindlichsten Reagentien auf Ozon.

in ozonisirte Luft etwa das oberste Zwanzigstel desselben farblos bleibt, während der Rest sofort gebräunt wird.

Kalihaltige Iodkaliumlösung mit 2 Procent KJ- und 1 Procent KO-Gehalt. Ein mit dieser Lösung durch Eintauchen getränkter Papierstreifen wird selbstverständlich in ozonisirter Luft an keiner Stelle gebräunt; läfst man aber in der oben angegebenen Weise einen Papierstreifen über der besagten Flüssigkeit so lange hängen, bis sie auf capillarem Wege einen halben Zoll im Papier angestiegen ist, so wird beim Einführen des benetzten Feldes in ozonisirte Luft nur ungefähr die untere Hälfte desselben farblos bleiben, während die obere Hälfte sich augenblicklich bräunt, mit Ausnahme eines schmalen zu oberst gelegenen Streifens, der völlig farblos erscheint. Dieser Versuch zeigt, dafs Kali, Iodkalium und Wasser ungleich schnell das Papier auf capillarem Wege durchdringen: das Wasser eilt voraus, das Iodkalium folgt und dem Salze rückt das Kali nach.

Iodhaltige Iodkaliumlösung. Läfst man auf capillare Weise einen Papierstreifen zollhoch von einer Lösung durchdrungen werden, welche $\frac{1}{2}$ Proc. Iodkalium enthält und durch Iod rothbraun gefärbt ist, so erscheint nur das untere Drittel des benetzten Feldes gebräunt und ist der Rest farblos. Führt man das so beschaffene Papier in ozonisirte Luft ein, so bräunt sich natürlich auch sofort der weifse Theil des Feldes, aufser einer zu oberst gelegenen sehr schmalen Stelle. Man sieht hieraus, dafs auch in diesem Falle die drei in der Versuchsflüssigkeit vorhandenen Materien mit verschiedener Geschwindigkeit durch das Papier wandern und eben dadurch theilweise von einander sich trennen.

Trennungswirkungen auf gelöste Farbstoffe.

Indigolösung. Läfst man über Wasser, durch Indigotinctur so tief gefärbt, dafs es darin eingetauchte Leinwand u. s. w. noch ziemlich starkt bläut, einen Papierstreifen so lange hängen, bis derselbe einen Zoll hoch capillar benetzt

ist, so erscheint nur die untere Hälfte des befeuchteten Feldes gebläut, die obere Hälfte durchaus farblos. Da die gewöhnliche Indigolösung immer freie Schwefelsäure enthält, so kann auch der farblose Theil unseres benetzten Feldes nicht gleichartig befeuchtet seyn. Untersucht man denselben von oben nach unten, indem man ihn mittelst eines in blaue Lackmustinctur getauchten Pinselchens bestreicht, so zeigt sich, dafs die obern zwei Fünftel den Farbstoff unverändert lassen, während die untern drei Fünftel ihn röthen.

Hämatoxylinlösung. Das von einer frisch bereiteten und beinahe farblosen wässrigen Lösung dieses Chromogens benetzte und ebenfalls farblos erscheinende Feld, in Ammoniakgas oder verdünnte Kalilösung eingeführt, wird nur zu einem Drittel gebläut, während die zwei obern Drittel vollkommen farblos bleiben. Wendet man den Absud des Blauholzes zum Versuch an, so wird nur das untere Fünftel des benetzten Feldes gefärbt und ist der Rest farblos; in Ammoniakgas färbt sich jedoch das untere Viertel dieses Restes ziemlich stark violett, was beweist, dafs sich hier noch Hämatoxylin befindet, welches somit dem schon oxydirten Farbstoff vorauseilt.

Fernambukabsud. Das von demselben benetzte Feld färbt sich in Ammoniakgas nur zum kleinsten Theile, indem die obern neun Zehntel weifs bleiben.

Lackmustinctur. Der in dieser Lösung enthaltene Farbstoff wandert durch das Papier beinahe eben so schnell als das Wasser; es erscheint jedoch das oberste Zwölftel des benetzten Feldes anstatt blau licht violett, was einiges Vorauseilen des Wassers andeuten dürfte.

Wesentlich anders verhält sich die durch Salzsäure u. s. w. geröthete Tinctur: enthält dieselbe einen merklichen Ueberschufs an Säure, so erscheint nur das untere Drittel des benetzten Feldes geröthet, während der Rest gänzlich farblos ist und untersucht man diesen von oben nach unten mittelst blauer Lackmustinctur, so erweist sich der obere

kleine Theil als säurefrei, wogegen der untere das Lackmusblau röthet.

Ist die Tinctur zwar noch vollkommen geröthet, aber weniger stark gesäuert, so wandert dem Farbstoff nur Wasser voraus, wie daraus erhellt, dafs der farblose Theil des benetzten Feldes die blaue Lackmustinctur an keiner Stelle mehr röthet. Wenn die Tinctur noch weniger Säure enthält, aber doch so ist, dafs sie eingetauchtes Lackmus noch roth färbt, so zeigt das benetzte Feld zwei Abtheilungen, von welchen die untere und kleinere roth, die obere schwach gebläut erscheint und durch Säure geröthet wird. Hieraus erhellt, dafs die schwach gesäuerte Lackmustinctur eine Mischung von rother und blauer ist, und die Eine von der Andern durch die Haarröhrchenanziehung des Papieres getrennt werden kann.

Die angeführten Beispiele zeigen, dafs mit wenigen Ausnahmen das Wasser den in ihm gelösten Substanzen auf capillarem Wege mehr oder weniger schnell vorauseilt, weshalb kaum daran zu zweifeln seyn dürfte, dafs diefs auch noch in vielen andern Fällen geschehen werde. Wie man sieht, ist bei meinen Versuchen noch keine Rücksicht genommen auf den Einflufs der Temperatur, des Concentrationsgrades der Versuchsflüssigkeit u. s. w., wie auch die capillaren Wanderungsverhältnisse der von mir untersuchten Substanzen ziemlich roh angegeben sind.

Ich glaube aber, dafs trotz dieser Lückenhaftigkeit die erhaltenen Ergebnisse nicht ohne Interesse sind und hoffe, dafs der eine oder andere Physiker dadurch veranlafst werde, die durch Capillarität hervorgebrachten Trennungswirkungen zum Gegenstand einer umfassenden und genauen Untersuchung zu machen.

VII. *Ueber die Frage, ob die tägliche Schwankung des Barometers durch die Erwärmung der Erdoberfläche allein erklärt werden kann, oder ob sie theilweise einer kosmischen Kraft zugeschrieben werden mufs; von Dr. Lamont.*

Ich habe wiederholt schon mit der Frage über die Ursache der täglichen Barometerschwankungen mich beschäftigt [1]) und bin zu der Ansicht gelangt, dafs sie nur zum Theil der Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne zugeschrieben werden können, zum gröfsten Theile aber von einer *kosmischen Kraft* herrühren, die, verschieden von der Schwere, ihren Sitz in der Sonne hat, und die ich vorläufig als identisch mit der Elektricität annehme.

Die Methode, wonach ich zu diesem Resultate gelangt bin, besteht einfach darin, dafs ich die täglichen Barometerschwankungen durch eine periodische Reihe ausdrückte. Hierbei zeigte sich, dafs so verschieden auch in verschiedenen geographischen Breiten und verschiedenen Meereshöhen das Phänomen im Ganzen sich gestaltet, dennoch überall [2]) die Beobachtung durch zwei Glieder dargestellt werden konnte, wovon das erste eine Periode von 24 Stunden hat und im Sommer grofs im Winter klein ist, also mit der Temperatur übereinstimmt, während das zweite ganz analog der Ebbe und Fluth in 24 Stunden *zwei* Maxima und *zwei* Minima giebt und in kalten und warmen Monaten in hohen und tiefen Beobachtungspunkten so nahe

1) *Bull. de Bruxelles Classe des sciences*, 1859, *p.* 629. — Monatliche und jährliche Resultate der Münchener meteorol. Beobachtungen *p.* XXI. — Jahresbericht der Münchener Sternwarte 1858. *p.* 67. — Pogg. Ann. CIX. 89.

2) Ich habe die Berechnung für Madras, St. Helena, Hobarton, Toronto, Madrid, München, Prag, Petersburg gegeben: eine weitere Ausdehnung der Rechnungen schien unnöthig, da nirgends eine Andeutung sich zeigte, dafs in dieser Hinsicht Anomalien vorkommen. An der Seeküste ist es mir übrigens wahrscheinlich, dafs durch die Ebbe und Fluth des Meeres eine kleine Modification herbeigeführt wird.

übereinstimmende Gröfse hat, dafs es durch eine von atmosphärischen Einflüssen unabhängige Kraft bedingt seyn mufs.

Die Bekanntmachung dieses eigenthümlichen Ergebnisses hat Hrn. Kreil veranlafst eine ähnliche von ihm ausgeführte Untersuchung zu veröffentlichen[1]), wobei er jedoch einen ganz verschiedenen Weg eingeschlagen hat. Indem er vorzugsweise die Wendepunkte und die Gröfse der Bewegung in kalten und warmen Monaten, an trüben und heiteren Tagen, in höher und tiefer gelegenen Gegenden vergleicht, sucht er nachzuweisen, dafs man den *auf-* und *absteigenden Luftstrom* als Ursache der täglichen Barometerschwankungen annehmen müsse. Gleich von vornherein erscheint diese Erklärung viel einfacher und natürlicher als die von mir gegebene: soll sie jedoch consequent und bis ins Einzelne durchgeführt werden, so begegnet man zahlreichen Schwierigkeiten, die um so bedenklicher sind, da uns die Beobachtung nur einzelne Andeutungen über das Vorhandenseyn und die Wirkungen der verticalen Luftbewegung giebt, und der Vorgang nicht minder wie die Existenz der Sonnenelektricität in Dunkel gehüllt ist. Ich habe übrigens hier nicht die Absicht, auf die Beweisführung des Hrn. Kreil näher einzugehen, sondern meine eigene Beweisführung einigermafsen zu vervollständigen durch Berücksichtigung eines Umstandes, auf welchen mich die Arbeit des Hrn. Kreil erst aufmerksam gemacht hat. Einen beträchtlichen Theil seiner Schlüsse gründet er nämlich auf die Scheidung der *trüben* und *heitern* Tage desselben Monats, und gerade diese Scheidung scheint mir geeignet als Kriterium in meiner Theorie benutzt zu werden. Ist wirklich eine atmosphärische Ebbe und Fluth vorhanden, so wird sie an trüben wie an heitern Tagen in gleicher Gröfse sich offenbaren müssen, während die 24stündige Periode, welche von der Temperatur abhängt, an trüben Tagen viel kleiner als an heitern ausfallen wird.

Die Scheidung der trüben und heitern Tage hat jedoch in unserm Klima zwei Uebelstände; einmal dafs die Zahl

1) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. XLIII. S. 121.

der heitern Tage kaum hinreichend grofs ist um einen *sichern* Mittelwerth zu geben, und dann dafs bei trüber Witterung das Barometer mehr steigt als fällt, bei heiterer Witterung aber mehr fällt als steigt, wovon die Folge ist, dafs im täglichen Gange zugleich mit dem Periodischen eine *allmähliche Zu-* oder *Abnahme* sich zeigt. Diesem Uebelstande habe ich zuerst dadurch auszuweichen gesucht, dafs ich nicht heitere und trübe *Tage* sondern heitere und trübe *Monate* zusammenstellte. Die dabei erhaltenen Resultate wurden am Ende mit Rücksicht auf die Uebereinstimmung der Monate in vier Gruppen zusammengezogen, nämlich November, December, Januar, — Februar, März, April, — Mai, Juni, Juli, — August, September, October. Diese Gruppen bezeichne ich der Kürze wegen als *Winter*, *Frühling*, *Sommer*, *Herbst*. Die für den täglichen Gang erhaltenen Zahlen sind wie folgt.

Stunde	Winter		Frühling		Sommer		Herbst	
	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe
1h Morg.	0''',13	0''',09	0''',19	0''',15	0''',31	0''',28	0''',20	0''',20
2	0 ,14	0 ,10	0 ,18	0 ,10	0 ,30	0 ,24	0 ,17	0 ,16
3	0 ,14	0 ,08	0 ,10	0 ,05	0 ,26	0 ,19	0 ,13	0 ,13
4	0 ,10	0 ,04	0 ,10	0 ,02	0 ,27	0 ,18	0 ,11	0 ,11
5	0 ,08	0 ,02	0 ,12	0 ,02	0 ,31	0 ,21	0 ,12	0 ,11
6	0 ,09	0 ,04	0 ,16	0 ,06	0 ,35	0 ,26	0 ,16	0 ,14
7	0 ,12	0 ,08	0 ,21	0 ,13	0 ,40	0 ,31	0 ,23	0 ,21
8	0 ,18	0 ,16	0 ,27	0 ,17	0 ,43	0 ,34	0 ,28	0 ,25
9	0 ,24	0 ,21	0 ,30	0 ,22	0 ,43	0 ,33	0 ,32	0 ,29
10	0 ,30	0 ,26	0 ,32	0 ,25	0 ,41	0 ,32	0 ,33	0 ,30
11	0 ,27	0 ,23	0 ,31	0 ,24	0 ,37	0 ,29	0 ,30	0 ,26
12 Mittag	0 ,16	0 ,13	0 ,24	0 ,19	0 ,31	0 ,23	0 ,24	0 ,20
1 Ab.	0 ,05	0 ,05	0 ,16	0 ,12	0 ,22	0 ,16	0 ,16	0 ,13
2	0 ,00	0 ,00	0 ,08	0 ,05	0 ,14	0 ,10	0 ,10	0 ,06
3	0 ,03	0 ,03	0 ,03	0 ,03	0 ,08	0 ,05	0 ,04	0 ,03
4	0 ,05	0 ,05	0 ,00	0 ,00	0 ,03	0 ,02	0 ,00	0 ,00
5	0 ,08	0 ,06	0 ,00	0 ,02	0 ,00	0 ,00	0 ,00	0 ,00
6	0 ,09	0 ,10	0 ,06	0 ,07	0 ,02	0 ,03	0 ,03	0 ,04
7	0 ,12	0 ,13	0 ,12	0 ,14	0 ,09	0 ,10	0 ,10	0 ,10
8	0 ,13	0 ,14	0 ,19	0 ,20	0 ,17	0 ,19	0 ,16	0 ,17
9	0 ,15	0 ,15	0 ,22	0 ,22	0 ,27	0 ,30	0 ,20	0 ,21
10	0 ,15	0 ,14	0 ,23	0 ,22	0 ,31	0 ,33	0 ,23	0 ,22
11	0 ,15	0 ,13	0 ,24	0 ,20	0 ,32	0 ,35	0 ,23	0 ,23
12 Mittern	0 ,13	0 ,10	0 ,21	0 ,18	0 ,32	0 ,31	0 ,22	0 ,21
heitere Tage Procente	22	3	28	6	28	7	30	9

Diese Zahlen müssen durch eine periodische Interpolationsreihe dargestellt werden. Bedeutet *n* die Zeit in Stunden ausgedrückt und vom *wahren* Mittage an gerechnet (die Beobachtungen selbst sind nach mittlerer Zeit angestellt), und wird das erste Glied als *Temperaturwirkung*, das zweite als *Ebbe und Fluth* bezeichnet, so erhält man:

Temperatur-Wirkung.

	heiter
Winter	0''',036 sin (15*n* + 170° 39')
Frühling	0 ,057 sin (15*n* + 176 58)
Sommer	0 ,048 sin (15*n* + 183 32)
Herbst	0 ,070 sin (15*n* + 174 0)
	trübe
Winter	0''',013 sin (15*n* + 123° 44')
Frühling	0 ,005 sin (15*n* + 225 7)
Sommer	0 ,100 sin (15*n* + 203 3)
Herbst	0 ,060 sin (15*n* + 188 43)

Ebbe und Fluth.

	heiter
Winter	0''',072 sin (30*n* + 154° 34')
Frühling	0 ,115 sin (30*n* + 151 6)
Sommer	0 ,107 sin (30*n* + 144 14)
Herbst	0 ,111 sin (30*n* + 146 3)
	trübe
Winter	0''',077 sin (30*n* + 157° 45')
Frühling	0 ,112 sin (30*n* + 152 14)
Sommer	0 ,115 sin (30*n* + 146 9)
Herbst	0 ,096 sin (30*n* + 149 5)

Man sieht hieraus, dafs während sowohl die Gröfse der Periode als auch die Wendepunkte bei trüber Witterung anders sich verhalten als bei heiterer Witterung, in dem Verlaufe der Ebbe und Fluth eine erhebliche Verschiedenheit nicht vorhanden ist. Gleichwohl fällt das Resultat minder entscheidend aus als zu wünschen wäre, da, wie man aus der Tabelle ersieht, auch in den als *heiter* angenomme-

nen Monaten die Zahl der trüben Tage noch immer weit überwiegend ist. Somit blieb nichts anderes übrig als aus den Tagebüchern die *heitern* und *trüben Tage* herauszuheben und zu Mittelwerthen zu vereinigen. In den Resultaten zeigte sich, wie oben schon bemerkt wurde, eine allmähliche Zu- oder Abnahme, die ich als *gleichmäfsig fortschreitend* angenommen und in Rechnung gebracht habe, so dafs zuletzt folgende Zahlen sich ergaben:

Stunde	Winter		Frühling		Sommer		Herbst	
	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe	heiter	trübe
1h Morg.	0''',02	0''',06	0''',17	0''',17	0''',28	0''',20	0''',18	0''',11
2	0 ,05	0 ,08	0 ,14	0 ,11	0 ,26	0 ,16	0 ,16	0 ,08
3	0 ,05	0 ,06	0 ,12	0 ,05	0 ,26	0 ,11	0 ,15	0 ,03
4	0 ,03	0 ,03	0 ,11	0 ,02	0 ,28	0 ,14	0 ,15	0 ,00
5	0 ,02	0 ,01	0 ,15	0 ,00	0 ,34	0 ,15	0 ,18	0 ,00
6	0 ,04	0 ,01	0 ,22	0 ,04	0 ,40	0 ,20	0 ,24	0 ,01
7	0 ,10	0 ,08	0 ,33	0 ,09	0 ,46	0 ,26	0 ,31	0 ,10
8	0 ,16	0 ,16	0 ,34	0 ,16	0 ,50	0 ,29	0 ,36	0 ,16
9	0 ,22	0 ,22	0 ,37	0 ,22	0 ,55	0 ,29	0 ,41	0 ,23
10	0 ,28	0 ,27	0 ,40	0 ,27	0 ,48	0 ,29	0 ,42	0 ,24
11	0 ,25	0 ,24	0 ,39	0 ,28	0 ,44	0 ,27	0 ,38	0 ,23
12 Mittag	0 ,14	0 ,14	0 ,32	0 ,24	0 ,38	0 ,24	0 ,27	0 ,18
1 Ab.	0 ,04	0 ,04	0 ,23	0 ,19	0 ,29	0 ,17	0 ,21	0 ,13
2	0 ,00	0 ,00	0 ,15	0 ,15	0 ,22	0 ,12	0 ,15	0 ,08
3	0 ,02	0 ,02	0 ,08	0 ,09	0 ,13	0 ,06	0 ,06	0 ,05
4	0 ,00	0 ,05	0 ,03	0 ,08	0 ,06	0 ,03	0 ,02	0 ,03
5	0 ,01	0 ,09	0 ,00	0 ,11	0 ,00	0 ,00	0 ,00	0 ,04
6	0 ,02	0 ,11	0 ,04	0 ,16	0 ,01	0 ,03	0 ,02	0 ,08
7	0 ,04	0 ,14	0 ,11	0 ,23	0 ,05	0 ,09	0 ,08	0 ,14
8	0 ,05	0 ,15	0 ,17	0 ,26	0 ,13	0 ,18	0 ,16	0 ,20
9	0 ,06	0 ,15	0 ,20	0 ,27	0 ,23	0 ,25	0 ,21	0 ,23
10	0 ,06	0 ,12	0 ,20	0 ,26	0 ,27	0 ,27	0 ,22	0 ,22
11	0 ,07	0 ,10	0 ,22	0 ,23	0 ,30	0 ,27	0 ,23	0 ,19
12 Mittern.	0 ,04	0 ,06	0 ,21	0 ,20	0 ,31	0 ,24	0 ,21	0 ,15
Zahl der Tage	120	78	180	78	165	78	180	78

Wenn hier mehr heitere als trübe Tage vorkommen, so hat diefs seinen Grund darin, dafs trübe Tage, an denen eine atmosphärische Störung eintrat, ausgeschlossen wurden, was bei heiteren Tagen nicht geschehen konnte, weil sonst die Zahl viel zu klein ausgefallen wäre. Leitet man, ganz wie es bei der ersten Tabelle geschah, die periodischen Reihen ab, so erhält man folgende Resultate;

Temperatur-Wirkung.

heiter

Winter	$0''',065 \sin(15n + 120° 51')$
Frühling	$0\ ,102 \sin(15n + 148\ \ 48)$
Sommer	$0\ ,182 \sin(15n + 164\ \ 29)$
Herbst	$0\ ,112 \sin(15n + 158\ \ 20)$

trübe

Winter	$0''',025 \sin(15n + 87° 25')$
Frühling	$0\ ,048 \sin(15n + 13\ \ 24)$
Sommer	$0\ ,064 \sin(15n + 183\ \ 46)$
Herbst	$0\ ,020 \sin(15n + 30\ \ 9)$

Ebbe und Fluth.

heiter

Winter	$0''',074 \sin(30n + 153° 17')$
Frühling	$0\ ,119 \sin(30n + 151\ \ 54)$
Sommer	$0\ ,110 \sin(30n + 142\ \ 38)$
Herbst	$0\ ,118 \sin(30n + 151\ \ 26)$

trübe

Winter	$0''',080 \sin(30n + 165° \ 0')$
Frühling	$0\ ,107 \sin(30n + 147\ \ 51)$
Sommer	$0\ ,106 \sin(30n + 146\ \ 38)$
Herbst	$0\ ,110 \sin(30n + 150\ \ 53)$

Obwohl die Anzahl der heiteren Tage gegenüber den in unserm Klima vorkommenden Zufälligkeiten sehr klein ist, so stellen sich doch die Gegensätze mit gröfster Bestimmtheit heraus. Während die Temperaturwirkung an trüben Tagen nur den dritten oder vierten Theil ausmacht von dem Betrage, den sie an heitern Tagen erreicht, und auch die Wendepunkte ganz verschieden sich gestalten, *zeigt sich die atmosphärische Ebbe und Fluth an trüben und an heitern Tagen vollkommen gleich*: hiemit ist eine neue und wie mir scheint sehr gewichtige Bestätigung der am Anfange dieses Aufsatzes ausgesprochenen Ansicht erlangt.

Ich bemerke noch, dafs meinen frühern Untersuchungen zufolge die Temperatur auch auf das zweite Glied der In-

terpolationsreihe einen kleinen Einflufs hat, der abzuziehen gewesen wäre um den wahren Betrag der Ebbe und Fluth zu erhalten, im gegenwärtigen Falle aber es unnöthig erschien hierauf Rücksicht zu nehmen, da es nur um eine *Vergleichung* der Resultate bei trüber und heiterer Witterung sich handelte.

VIII. *Ueber das Verhältnifs der magnetischen Horizontal-Intensität und Inclination in Schottland; von Dr. Lamont.*

Bei Gelegenheit der magnetischen Untersuchungen, welche ich im Jahre 1849 an verschiedenen Punkten von Bayern ausführte, bemerkte ich zum ersten Male den engen Zusammenhang zwischen der Horizontal-Intensität und Inclination [1]). An nördlicheren Stationen traf ich eine Abnahme der Intensität und eine im *bestimmten Verhältnisse* stehende Zunahme der Inclination an: gegen Süden nahm die Intensität zu, die Inclination dagegen ab und zwar genau wieder nach *demselben Verhältnisse.* Das constante Verhältnifs bestand darin, dafs einer Aenderung der Intensität von 0,0010 (absolutes Maafs) eine dem Zeichen nach entgegengesetzte Aenderung der Inclination von *einer* Minute entsprach.

Das Verhältnifs schien mir so merkwürdig, dafs ich bei meinen späteren Expeditionen nach Frankreich und Spanien, dann nach dem nördlichen Deutschland, Belgien, Holland und Dänemak besondere Aufmerksamkeit darauf wendete, wie man aus den betreffenden Publicationen [2]) entnehmen kann.

Zunächst kommt es, wie ich glaube, gegenwärtig darauf an zu ermitteln, wie in verschiedenen Ländern sich das

1) Magnetische Ortsbestimmungen an verschiedenen Punkten des Königreichs Bayern und an einigen auswärtigen Stationen, I. Theil, S. 42.

2) Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus an verschiedenen Punkten des südwestlichen Europa S. 57. Magnetische Untersuchungen in Nord-Deutschland, Belgien, Holland, Dänemark S. 20.

Verhältnifs gestaltet, und da ein neues hiezu geeignetes Material durch die im Jahre 1857 und 1858 von **Welsh** [1]) in Schottland ausgeführten magnetischen Messungen dargeboten wird, so schien es mir zweckmäfsig zu untersuchen in wie weit die Ergebnisse mit dem, was ich auf dem Continente gefunden habe, übereinstimmen. Die unmittelbaren Resultate der Messung, deren Reduction auf gleiche Epoche allerdings wünschenswerth gewesen wäre, aber in Ermangelung der nöthigen Data nicht bewerkstelliget werden konnte, sind wie folgt:

Station	Breite	Länge	Intensitäten englische Einheiten	Inclination
1857				
Makerstoun	55° 35′	2° 31′	3,4620	70° 50′,3
Gretna	55 1	3 3	3,4604	70 46,0
Dumfries	55 5	3 36	3,4714	70 43,8
Newton-Stewart	54 56	4 28	3,4424	70 54,4
Stranraer	54 54	5 2	3,4381	70 55,4
Ayr	55 28	4 38	3,4171	71 5,8
Lamlash	55 31	5 5	3,4310	71 6,3
Helensburgh	56 2	4 43	3,3500	71 27,9
Lochgoilhead	56 10	4 54	3,3789	71 17,2
Ardrishaig	56 1	5 27	3,3677	71 25,8
Oban	56 27	5 26	3,3511	71 29,9
Corpach *	56 51	5 8	3,3267	71 53,3
Fort Augustus	57 9	4 40	3,2822	72 2,6
Invernefs	57 28	4 11	3,2733	72 7,9
Banff	57 39	2 31	3,2846	71 56,5
Peterhead	57 31	1 46	3,2856	71 54,7
Aberdeen	57 9	2 5	3,2891	71 49,4
Kintore	57 15	2 23	3,3276	71 36,8
Alford	57 14	2 45	3,3168	71 45,9
Braemar	57 1	3 25	3,3553	71 31,3
Pitlochry	56 42	2 43	3,3272	71 35,3
Dalwhinnie	56 56	4 17	3,3349	71 39,5
Larbert	56 2	3 49	3,3378	71 33,5
Edinburgh	55 58	3 11	3,3974	71 11,1
1858				
Makerstoun	55 35	2 31	3,4626	70 49,8
Edinburgh	55 58	3 11	3,4044	71 12,5
Ardrossan	55 39	4 47	3,4184	71 13,5
Port Askey	55 52	6 8	3,4293	71 13,5
Bridgend	55 48	6 16	3,4317	71 14,9
Tobermorie *	56 39	6 2	3,1560	72 46,8
Glenmorven *	56 38	5 58	3,3616	72 2,1

1) *Reports of the British Association for* 1859, *p.* 167.

Station	Breite	Länge	Intensität. Englische Einheiten	Inclination
1858				
Balmacarra	57° 17′	5° 39′	3,2489	72° 12′,7
Kyleakin	57 16	5 44	3,2551	72 10,6
Broadford	57 15	5 51	3,2546	72 15,7
Portree	57 26	6 12	3,2737	72 1,2
Stornoway	58 15	6 23	3,2062	72 32,6
Callinish	58 10	6 44	3,1949	72 34,1
Cross	58 29	6 17	3,1730	72 49,1
Loch Inver	58 10	5 12	3,1446	72 35,6
Durneſs	58 34	4 44	3,1574	72 50,0
Thurso	58 35	3 32	3,2017	72 32,7
Lerwick	60 9	1 8	3,1041	73 11,9
Kirkwall	58 59	2 58	3,1915	72 40,9
Wick	58 25	3 5	3,1894	72 39,5
Golspie	57 58	3 58	3,2299	72 25,0
Dingwall	57 34	4 25	3,2134	72 24,5

Die sichersten Stationen sind Edinburgh und Makerstoun, und ich habe deshalb von beiden das arithmetische Mittel genommen und dieses von den übrigen Stationen abgezogen: auf solche Weise erhielt ich die *beobachteten* Aenderungen ΔX, Δi der Intensität und Inclination, wie sie in den Columnen der folgende Tabelle dargestellt sind; ich bestimmte dann aus der Gesammtheit der Beobachtungen mit Ausschluſs der mit Sternchen bezeichneten anomalen Stationen das Verhältniſs dazwischen und fand daſs im Mittel eine Minute in der Inclination einer Aenderung von 0,002536 (engl. absolute Einheiten) in der Intensität entspricht, d. h.

$$\Delta i = 394{,}3\, \Delta X$$

ist; die hiernach berechneten Werthe von Δi und die Abweichung von der Beobachtung sind in den beiden letzten Columnen beigefügt.

Station	Intensitäts-Differenz ΔX	Inclinations-Differenz Δi	Inclinations-Differenz berechnet	Abweichung der Rechnung
1857				
Makerstoun	+ 0,0323	— 0° 10′,4	— 0° 12′,7	— 2′,3
Gretna	+ 0,0307	— 0 14 ,7	— 0 12 ,1	+ 2 ,6
Dumfries	+ 0,0417	— 0 16 ,9	— 0 16 ,4	+ 0 ,5
Newton-Stewart	+ 0,0127	— 0 6 ,3	— 0 5 ,0	+ 1 ,3
Stranraer	+ 0,0084	— 0 5 ,3	— 0 3 ,3	+ 2 ,0
Ayr	— 0,0126	+ 0 5 ,1	+ 0 5 ,0	— 0 ,1
Lamlash	+ 0,0013	+ 0 5 ,6	— 0 0 ,5	— 6 ,1
Helensburgh	— 0,0797	+ 0 27 ,2	+ 0 31 ,4	+ 4 ,2
Lochgoilhead	— 0,0508	+ 0 16 ,5	+ 0 20 ,0	+ 3 ,5
Ardrishaig	— 0,0620	+ 0 25 ,1	+ 0 24 ,5	— 0 ,6
Oban	— 0,0786	+ 0 29 ,2	+ 0 31 ,0	+ 1 ,8
Corpach*	— 0,1030	+ 0 52 ,6	+ 0 40 ,6	— 12 ,0
Fort Augustus	— 0,1475	+ 1 1 ,9	+ 0 58 ,2	— 3 ,7
Inverness	— 0,1564	+ 1 7 ,2	+ 1 1 ,7	— 5 ,5
Banff	— 0,1451	+ 0 55 ,8	+ 0 57 ,2	+ 1 ,4
Peterhead	— 0,1441	+ 0 54 ,0	+ 0 56 ,8	+ 2 ,8
Aberdeen	— 0,1406	+ 0 48 ,7	+ 0 55 ,5	+ 6 ,8
Kintore	— 0,1021	+ 0 36 ,1	+ 0 40 ,3	+ 4 ,2
Alford	— 0,1129	+ 0 45 ,2	+ 0 44 ,5	— 0 ,7
Braemar	— 0,0744	+ 0 30 ,6	+ 0 29 ,3	— 1 ,3
Pitlochry	— 0,1025	+ 0 34 ,6	+ 0 40 ,4	+ 5 ,8
Dalwhinnie	— 0,0948	+ 0 38 ,8	+ 0 37 ,4	— 1 ,4
Larbert	— 0,0919	+ 0 32 ,8	+ 0 36 ,3	+ 3 ,5
Edinburgh	— 0,0327	+ 0 10 ,4	+ 0 12 ,9	+ 2 ,5
1858				
Makerstoun	+ 0,0291	— 0 11 ,3	— 0 11 ,5	— 0 ,2
Edinburgh	— 0,0291	+ 0 11 ,4	+ 0 11 ,5	+ 0 ,1
Ardrossan	— 0,0151	+ 0 12 ,4	+ 0 6 ,8	— 6 ,4
Port Askey	— 0,0042	+ 0 12 ,4	+ 0 1 ,7	— 10 ,7
Bridgend	— 0,0018	+ 0 13 ,8	+ 0 0 ,8	— 13 ,0
Tobermorie*	— 0,2775	+ 1 45 ,7	+ 1 49 ,4	+ 3 ,7
Glenmorven*	— 0,0719	+ 2 1 ,0	+ 0 28 ,4	— 92 ,6
Balmacarra	— 0,1846	+ 1 11 ,6	+ 1 12 ,8	+ 1 ,2
Kyleakin	— 0,1784	+ 1 9 ,5	+ 1 10 ,4	+ 0 ,9
Broadford	— 0,1789	+ 1 14 ,6	+ 1 10 ,6	— 4 ,0
Portree	— 0,1598	+ 1 0 ,1	+ 1 3 ,1	+ 3 ,0
Stornoway	— 0,2273	+ 1 31 ,5	+ 1 29 ,7	— 1 ,8
Callinish	— 0,2386	+ 1 33 ,0	+ 1 34 ,1	+ 1 ,1
Cross	— 0,2605	+ 1 48 ,0	+ 1 42 ,8	— 5 ,2
Loch Inver*	— 0,2889	+ 1 34 ,5	+ 1 54 ,0	19 ,5
Durness	— 0,2761	+ 1 48 ,9	+ 1 48 ,9	0 ,0
Thurso	— 0,2318	+ 1 31 ,6	+ 1 31 ,4	— 0 ,2
Lerwick	— 0,3294	+ 2 10 ,8	+ 2 9 ,9	— 0 ,9
Kirkwall	— 0,2420	+ 1 39 ,8	+ 1 35 ,4	— 4 ,4
Wick	— 0,2441	+ 1 38 ,4	+ 1 36 ,2	— 2 ,2
Golspie	— 0,2036	+ 1 23 ,9	+ 1 20 ,3	— 3 ,6
Dingwall	— 0,2201	+ 1 23 ,4	+ 1 26 ,8	+ 3 ,4

Bedenkt man dafs die Beobachtungen nicht auf gleiche Epoche reducirt sind, und dafs die Unsicherheit der Intensitäts-Beobachtungen beträchtlich ist (die Bestimmungen für Edinburgh am 9. und 10. Juli 1858 weichen von einander um 0,0113 ab), so wird man die Uebereinstimmung der Rechnung und Beobachtung als vollkommen befriedigend anerkennen. Was die anomalen mit Sternchen bezeichneten Stationen betrifft, so sind sie ausgeschieden worden mit Rücksicht auf den Umstand, dafs sie von dem regelmäfsigen Verlaufe der magnetischen Linien um einen grofsen Betrag abweichen.

Reducirt man die englischen Intensitätszahlen auf das bei uns eingeführte französische Maafs, so ergiebt sich aus den sämmtlichen bisherigen Untersuchungen dafs für eine Intensitäts-Aenderung von 0,0010 die correspondirende Inclinations-Aenderung

in Spanien	1',22
in Südfrankreich	1',06
in Nordfrankreich	1',00
in Bayern	1',00
im nordöstlichen Deutschland	1',02
im nordwestlichen Deutschland, Holland, Belgien	0',993
in Schottland	0',855

beträgt.

Den charakteristischen Umstand, dafs die Verhältnifszahlen von Norden nach Süden und, bei gleicher geographischer Breite, von Westen nach Osten zunehmen, habe ich früher schon erörtert: damit stimmen auch die Beobachtungen in Schottland überein, insofern als man im ersten Jahre, wo im Mittel die Stationen nördlicher liegen, die Verhältnifszahl 0',838, und im Jahre, wo sie südlicher liegen, 0',864 erhält.

IX. *Ueber den Einfluſs der Wärme auf Phosphorescenz; von Otto Fiebig.*

Es wurde früher allgemein angenommen, daſs Erwärmung, auch wenn sie mit keiner Bestrahlung verbunden ist, Phosphorescenz hervorbringen könne; Dessaignes will sogar, wie Heinreich mittheilt, ein Stückchen Canton'schen Phosphors, welches er an einem vollkommen dunklen Orte bereitet hatte, durch bloſse Erwärmung leuchten gesehen haben. (N. Gehler Phys. Wörterbuch Bd. VI, S. 253.) Diese Fähigkeit der Wärme wird von Andern bezweifelt. Schon Grotthuſs stellte die Behauptung auf, daſs Leuchtsteine nur dann durch Erwärmung leuchtend werden könnten, wenn sie vorher einer Bestrahlung ausgesetzt gewesen wären, (N. Gehler Phys. Wörterbuch Bd. VI, S. 252). Osann fand später, daſs künstliche Leuchtsteine, die er bei vollkommen abgehaltenem Lichte bereitet hatte, nicht die Fähigkeit besaſsen durch bloſse Temperaturerhöhung zu leuchten, durch Insolation jedoch wurde ihnen dieselbe mitgetheilt (S. Pogg. Ann. Bd. 33 (1834), S. 414). Draper theilt mit, daſs von einem Stück Chlorophan, welches er nur theilweise insolirt hatte, nur die insolirten Theile durch Erwärmung leuchtend geworden wären. Einige hierauf bezügliche Versuche habe ich wiederholt, wobei ich Schwefelcalcium-, Schwefelbaryum- und Schwefelstrontiumpraeparate anwendete, die nach der von Edm. Becquerel in den *Annales de Chimie et de Physique ser.* 3 *t.* 55 angegebenen Weise bereitet waren. Um die Augen für die schwachen Lichteindrücke empfänglicher zu machen verweilte ich vor Anstellung der Versuche schon 10 bis 15 Minuten in dem dunklen Raume eines im Innern geschwärzten Pappkastens und lieſs mir dann Stückchen von den drei erwähnten Leuchtsteinen, die vorher dem Lichte ausgesetzt gewesen waren, durch eine Klappe zureichen. Am stärksten leuchtete hierbei Schwefelstrontium und zwar mit einem

schönen, hellgrünen Lichte; Schwefelbaryum leuchtete etwas schwächer, aber auch noch sehr deutlich mit orangegelblicher Farbe. Schwefelcalcium wirkte bedeutend schwächer; es liefs sich wohl noch ein Leuchten, aber keine bestimmte Farbe unterscheiden, indessen schien mir dieselbe gelblichweifs zu seyn. Als das Leuchten aufgehört hatte, wurden die drei Leuchtsteine durch eine zwar heifse, aber von der Glühhitze noch weit entfernte Eisenplatte im Dunkeln erwärmt; sie zeigten hierbei dasselbe Licht wie vorher, jedoch von kürzerer Dauer. Als das Leuchten wieder aufgehört hatte, liefs ich sie erkalten und erhitzte sie dann bei vollkommen abgehaltenem Lichte von Neuem, aber es war keine Spur einer Lichtausstrahlung zu bemerken; dieselbe trat jedoch sogleich wieder ein, als die Körper kurze Zeit hindurch dem Tageslicht ausgesetzt gewesen waren. Wenn nun Phosphorescenz durch Wärme allein ohne Bestrahlung hervorgebracht werden könnte, so müfsten Leuchtsteine, die genau unter dieselben Verhältnisse (mit Ausnahme der Bestrahlung) wie vorher gebracht werden, im Dunkeln dasselbe Licht wie früher zeigen, was jedoch durch die Versuche verneint wird. Diese Versuche scheinen also alle darauf hinzudeuten, dafs Phosphorescenz durch blofse Erwärmung ohne vorhergehende Bestrahlung nicht stattfindet. Trotzdem jedoch unterscheidet Edm. Becquerel zwischen einer Phosphorescenz durch Wärme und einer Phosphorescenz durch Bestrahlung. Dieser Physiker, dem wir in diesem Gebiete die genauesten Versuche verdanken, sagt in seiner Abhandlung über Phosphorescenz (S. *Ann. de Chim. ser.* 3 *t.* 57, *p.* 86): »*On peut conclure de là qu'il n'en est pas de même de la chaleur et de la lumière; l'action calorifique excite des rayons lumineux de toute longueur d'onde, tandisque jusqu'ici l'action lumineuse ne donne lieu qu'à des rayon d'une longueur d'onde plus grande, ou au moins égale à celle des rayons actifs*« und *p.* 81: »*On sait que si l'on élève la température des fragments de fluorure de calcium colorés ces fragments deviennent phosphorescents jusqu'à ce qu'ils aient perdu toute leur couleur; dans cet état ils ne*

sont plus aptes à devenir phosphorescents par une nouvelle élévation de temperature«.

Ich stellte nun folgenden Versuch an: Ein Stückchen grüner Flufsspath wurde in einem Reagensglase erhitzt und zeigte hierauf im Dunkeln ein intensives, hellviolettes Licht; als es abgekühlt war, wurde es bei abgehaltenem Lichte von Neuem aber schwächer als vorher erwärmt, wobei nicht das geringste Leuchten wahrzunehmen war. Hätten, wie Edm. Becquerel sagt, die farbigen Varietäten des Flufsspaths das Vermögen der Phosphorescenz durch Wärme ohne Insolation und behielten sie dasselbe so lange, als ihre natürliche Farbe durch die Wärme nicht zerstört ist, so hätte bei der zweiten Erwärmung ein Leuchten eintreten müssen, denn als das angewendete Flufsspathstückchen nach dem Versuche beim Tageslichte betrachtet wurde, zeigte es noch dieselbe grünliche Farbe, wie vor dem Versuche. Hierauf wurde dasselbe Flufsspathstückchen wieder im Dunkeln erhitzt und zwar so stark, dafs es decrepitirte und es zeigte dabei dasselbe Leuchten, wie vorher; als es nach der Erkaltung beim Tageslichte betrachtet wurde, hatte es seine natürliche grüne Farbe verloren. Nun wurde derselbe Flufsspath, nachdem er insolirt worden war, nochmals im Dunkeln erwärmt und zeigte dabei wiederum die schon beschriebene Phosphorescenz, wenn auch nicht in so hohem Grade wie vorher, was nach Becquerel's Meinung nicht hätte eintreten dürfen. Diese Versuche zeigen, dafs, wenn Flufsspath überhaupt der Phosphorescenz durch Bestrahlung fähig ist, er auch immer das Vermögen besitzt nach vorhergegangener Insolation durch Erwärmung zu phosphoresciren, dafs also wahrscheinlich die Wirkung der Wärme, mag der der Phosphorescenz überhaupt fähige Flufsspath seine natürliche Farbe noch besitzen oder dieselbe schon durch eine zu grofse Temperaturerhöhung verloren haben, immer nur, wie bei allen künstlichen Leuchtsteinen, in einer Beschleunigung der Lichtausstrahlung besteht.

Endlich mufs ich noch einen theoretischen Grund anführen, der mir das Nichtvorhandenseyn einer Phosphores-

cenz durch blofse Ewärmung, wenn nicht als gewifs, so doch als höchst wahrscheinlich hinzustellen scheint. Bekanntlich lautet das Hauptgesetz, welches Stokes für die Fluorescenzerscheinungen aufgestellt und Edm. Becquerel auch auf Phosphorescenz ausgedehnt hat: Die höchste Brechbarkeit des ausgestrahlten Lichtes ist nie gröfser, als die niedrigste Brechbarkeit der activen Strahlen. Dieses Gesetz scheint auch für Wärmestrahlung zu gelten, denn in vielen Fällen ist es schon erwiesen, dafs auch, wenn ein Körper durch Wärmestrahlung von einem andern erwärmt wird, die von dem zweiten Körper ausgestrahlte Wärme im Allgemeinen weniger brechbar ist, als die einfallende. Wenn wir nun die Wärme- und die Lichtstrahlung als Wirkungen eines und desselben Agens ansehen, so müfsten, wenn wir eine Phosphorescenz durch blofse Erwärmung annehmen, durch Strahlen von gewisser Brechbarkeit Strahlen von höherer Brechbarkeit erzeugt werden, was allen andern Phosphorescenzerscheinungen direct widersprechen würde.

Bei Gelegenheit dieser Versuche untersuchte ich auch zwei Substanzen in Bezug auf den Einflufs der Wärme auf das durch Fluorescenz ausgestrahlte Licht, nämlich eine Aesculinlösung und eine saure Lösung von schwefelsaurem Chinin. Beide Versuche wurden bei Tageslicht bei bedecktem Himmel angestellt. Es wurden zwei Reagensgläser mit derselben Aesculinlösung angefüllt und das eine von beiden in einem Wasserbade langsam erwärmt, während das andere behufs der Vergleichung der Farbe und Intensität des erzeugten Lichtes in der Temperatur der umgebenden Luft (etwa 14° C.) gehalten wurde. Die Farbe des erzeugten Lichtes war anfangs ein intensives Himmelblau mit einem schwachen Stich in's Violette. Bei der Erwärmung wurde die Farbe allmählich blasser, so dafs bei einer Temperatur von etwa 50° C. der Intensitätsunterschied des erzeugten Lichtes in den beiden Gefäfsen eben merklich wurde. Bei etwa 65° C. nahm die Intensität rascher bis zur Siedhitze hin ab und die Farbe schien bei der Siedhitze statt des bei gewöhnlicher Temperatur beobachteten

Stiches in's Violette einen Stich in's Blafsgrüne zu haben. Bei Anwendung der Chininlösung nahm die Intensität des ausgestrahlten blauen Lichtes, das schwächer war, als bei der obigen Aesculinlösung, erst in der Nähe der Siedhitze merklich ab, während die Farbe unverändert schien. Bei beiden Versuchen kehrte nach der Erkaltung die frühere Empfindlichkeit der Substanzen zurück.

Alle Versuche sind im physikalischen Cabinet hiesiger Universität auf Anregung des Hrn. Prof. Frankenheim angestellt worden.

X. *Ueber die Anziehung der Quecksilbertheile gegen einander; von Otto Fiebig.*

Wir besitzen eine grofse Anzahl von Versuchen mit Adhäsionsplatten und Haarröhren über die Anziehung, welche zwischen den Theilen wässeriger, ätherischer und anderer das Glas benetzender Flüssigkeiten stattfindet. Mit dem Quecksilber sind zwar ebenfalls viele Versuche in Glasröhren angestellt worden, besonders um die Correction in Barometerröhren kennen zu lernen; aber über die Anziehung der Quecksilbertheile gegen einander oder die Synaphie des Quecksilbers, wie sie Frankenheim in seinen Versuchen über den Einflufs der Wärme auf den Stand der Flüssigkeiten in Haarröhren genannt hat, sind seit Guyton-Morveau's beinahe ein Jahrhundert alter Beobachtungen, die mir aus Frankenheim's Werke »die Lehre von der Cohäsion« bekannt geworden sind, gar keine Beobachtungen veröffentlicht worden. Allerdings findet hier die Schwierigkeit statt, dafs man keine Körper kennt, welche von Quecksilber in so hohem Grade benetzt werden, wie reines Glas oder Metall von Wasser; ferner wer-

den alle von Quecksilber benetzte Körper auch etwas amalgamirt. Bei Platin, welches mit Hülfe einer kleinen galvanischen Kette amalgamirt wurde, bestand dieses Amalgam nicht in einer continuirlichen Schicht, sondern, wie bei Wasser auf unreinem Glase, in einer Anzahl Tröpfchen, die schon dem bloſsen Auge sichtbar waren; daher gab auch dieses Metall, als Adhäsionsplatte angewendet, keine brauchbaren Resultate. Ebenso führten Versuche mit versilberten Glasplatten zu keinem Ziele, da sich die Silberschicht von der Platte löste. Ich beschränkte mich daher bei den Versuchen auf kreisrunde, polirte Platten von Kupfer und Silber, deren Durchmesser ich mit einem Mikrometer bis auf 0″,0001 bestimmte. Nachdem ich die Platten auf der einen Fläche mit Quecksilber vollkommen benetzt hatte, wurden sie an dem einen Arm eines genauen Waagebalkens mittelst dreier Metallfädchen, die selbst wieder behufs der horizontalen Einstellung an Stellschrauben befestigt waren, aufgehängt. Bei der Einstellung diente zur Richtschnur die horizontale Oberfläche des darunter in einer genügend weiten Schale befindlichen Quecksilbers. Nachdem die Platten das Quecksilber berührt hatten, wurde das Gewicht, welches nöthig war, um sie von der Quecksilberoberfläche abzureiſsen, genau bestimmt. Das Mittel aus den einzelnen Beobachtungen wurde nach den bekannten Formeln

$$M = \frac{p}{m r^2 \pi}\left(1 + \frac{p}{6 \varrho r^3 \pi}\right) \text{ und } D = \frac{m^2 M^2}{2 \varrho^2}$$

berechnet. Hierin bezeichnet M die absolute Synaphie, d. h. das Gewicht, welches eine Adhäsionsplatte von unendlicher Ausdehnung tragen würde in Milliontel-Atmosphären ausgedrückt, p das zum Abreiſsen der Platte nöthige Gewicht, r den Radius der angewendeten Platten, ϱ das specifische Gewicht des Quecksilbers, m den Druck einer Atmosphäre auf ein Quadrat-Millimeter $=$ 10301 Mgr., D die mittlere, corrigirte Niveaudifferenz des Quecksilbers innerhalb und auſserhalb einer Haarröhre von $1{,}0^{mm}$ Weite, wobei die Wölbung der Quecksilberoberfläche im

Innern der Röhre vernachlässigt werden kann, T die Temperatur des Quecksilbers.

Man mufs bei diesen Versuchen immer reines Quecksilber anwenden: denn wenn ich sie einige Stunden lang fortsetzte, so nahm das Gewicht stetig zu und sank dann plötzlich auf etwa $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ des früheren, aber in höchst unregelmäfsiger Weise herab. Das Quecksilber hatte sich verändert und zwar, was merkwürdig ist, hatte die Aufnahme des Metalls, obgleich die Menge desselben kaum wägbar war, die Anziehung der Theile gegen einander nicht, wie man denken sollte, erhöht, sondern stark vermindert, aber in so ungleichmäfsiger Weise, dafs eine Messung nicht mehr möglich war. Jene geringe Vergröfserung des Gewichts rührt vielleicht von einer durch das Anhaften des Quecksilbers an den Endpunkten der Platten bewirkten vorübergehenden Vergröfserung des Radius der Platten her, die nur $0,^{mm}1$ oder höchstens $0,2^{mm}$ zu seyn braucht, um die beobachteten Unterschiede herbeizuführen. Es treten über die Art, wie das Quecksilber auf das Metall wirkt und das Quecksilber selbst durch das Metall verändert wird, Fragen entgegen, mit deren Beantwortung ich mich ferner beschäftigen werde.

Die folgende Tabelle giebt alle Versuche in derselben Reihenfolge, in welcher sie angestellt wurden. Die beiden ersten Beobachtungen mit der Kupferplatte, deren Radius $15,975^{mm}$ ist, sind an verschiedenen Tagen angestellt. Das Quecksilber wurde in der Regel nur bei Anwendung einer anderen Platte erneuert. Wegen des sehr geringen Einflusses der Temperatur habe ich bei den verschiedenen Platten immer nur die mittlere Temperatur der Beobachtungszeit angegeben. Die mit einem * bezeichneten Beobachtungen habe ich bei Bestimmung des Mittels weggelassen, weil sie mir aus einem oben angeführten Grunde zu hoch erschienen.

Alle Versuche sind im physikalischen Cabinet hiesiger Universität angestellt.

Stoff der Platten	Radius in Millim.	T C.	p gr.	Mittel von p	Milliontel-Atmosphären M	M : ϱ	D mm
Kupfer	15,975	9,0	33,92				
»	»	»	33,82	33,87	4234	312,1	5,17
»	»	»	34,20*				
»	»	»	34,55*				
»	16,009	8,7	33,95				
»	»	»	34,00	33,97	4229	311,7	5,15
»	»	»	34,73*				
»	21,240	9,0	59,95				
»	»	»	60,95				
»	»	»	61,17	60,69	4260	313,9	5,23
»	»	»	62,15*				
»	»	»	62,15*				
»	21,179	10,0	59,82				
»	»	»	60,04				
»	»	»	61,20				
»	»	»	61,42	60,54	4274	315,0	5,26
Silber	12,528	9,5	20,49				
»	»	»	20,72				
»	»	»	21,16				
»	»	»	20,76	20,78	4260	313,9	5,23
»	15,870	»	33,62				
»	»	»	33,54				
»	»	»	33,71	33,62	4260	313,9	5,23
»	»	»	34,05				

XI. *Ueber die Veränderungen im Inductionsstrome bei Anwendung verschiedener Widerstände; von G. Magnus.*

(Aus den Monatsbericht. d. K. Akad, Juni 1861.)

Das auffallend grofse Leitungsvermögen für die Wärme, welches von mir beim Wasserstoffgase beobachtet worden ist, hat mich veranlafst auch das Leitungsvermögen dieses Gases für die Elektricität mit dem der übrigen Gase zu vergleichen. Ich bin dabei auf Schwierigkeiten gestofsen, die mich schliefslich zu der Annahme nöthigten, dafs unter gewissen, bisher unbeachteten Umständen, alternirende

Ströme auftreten und dafs durch solche die Unregelmäfsigkeiten in der Ablenkung der Magnetnadel herbeigeführt werden, welche ich beobachtete. Es war deshalb nöthig, Versuche über die Bedingungen anzustellen, unter denen solche Ströme entstehen.

Bekanntlich hat Hr. Poggendorff gezeigt [1]), dafs wenn in den Schliefsungsdraht eines Inductionsapparates, in welchem ein elektrisches Ei sich befindet, und in dem nur Ströme von einer bestimmten Richtung vorhanden sind, eine elektrische Flasche eingeschaltet wird, beide Poldrähte im Ei sich mit blauem Lichte überziehen. Da alsdann auch die Magnetnadel eines in dem Strom befindlichen Galvanometers, die vorher abgelenkt wurde, keine Ablenkung mehr erfuhr, so schlofs Hr. Poggendorff, dafs durch die Einschaltung der Flasche alternirende Ströme entstehen. Seitdem hat man das Auftreten des blauen Lichtes an beiden Poldräthen des elektrischen Ei's, ziemlich allgemein als ein Kennzeichen für das Vorhandenseyn alternirender Ströme betrachtet, um so mehr als Hr. Riefs [2]) schon früher dieselbe Erscheinung durch rasch aufeinander folgende alternirende Ströme hervorgebracht hatte. Zwar wäre es möglich, dafs blaues Licht an beiden Polen nicht in allen Fällen ein sicheres Kennzeichen für das Vorhandenseyn alternirender Ströme wäre; allein es ist schwer anzunehmen, dafs diese Erscheinung eine andere Ursache haben sollte; doch will ich auf die Ursache nicht weiter eingehen. Zum Verständnifs des folgenden bemerke ich ausdrücklich, dafs wo der Ausdruck alternirende Ströme gebraucht ist, dieser nichts anderes bedeutet als das Auftreten von negativem Licht an beiden Polen. Hr. Dr. Paalzow hat in einer vor kurzem erschienenen Arbeit [3]) »über die verschiedenen Arten der Entladung der Leydener Batterie und über die Richtung des Haupt- und secundären Nebenstromes derselben« eine ähnliche Erscheinung als Prü-

1) Pogg. Ann. Bd. XCIV, S. 328.
2) Pogg. Ann. Bd. XCI, S. 291.
3) Pogg. Ann. Bd. CXII, S. 567.

fungsmittel benutzt. Derselbe wandte indefs sogenannte Geifsler'sche Röhren an, und beobachtete dieselben zwischen den Polen eines wirksamen Elektromagnets. Ich habe kurze 75mm bis 150mm lange, 5mm bis 15mm im Durchmesser haltende Röhren benutzt, die, nachdem die Luft in ihnen auf 4mm bis 6mm Druck, mittelst der Luftpumpe verdünnt war, zugeschmolzen wurden. In denselben befanden sich an dünnen Platindrähten befestigte und mit diesen in das Glas eingeschmolzene Aluminiumdrähte, deren Spitzen 6mm bis 40mm von einander entfernt waren. Wendet man Drähte an, die nur aus Platin bestehen, so überkleiden sich die Röhrchen sehr bald auf ihrer inneren Seite mit einem schwarzen Ueberzuge, der sie fast undurchsichtig macht. Diefs ist bei Anwendung von Aluminium nicht der Fall; deshalb benutzt auch Hr. Geifsler dieses Metall schon seit längerer Zeit für seine Röhren [1]). Ich werde solche Röhren, da sie zur Beobachtung der Richtung dienen, als Probe-Röhren bezeichnen.

Zu den Versuchen wurden nur Inductionsströme benutzt. Es standen hiefür zwei Inductionsapparate zu meiner Verfügung. Beide von Hrn. Ruhmkorff in Paris. Ein kleinerer von älterer Construction, dessen Dimensionen als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, und ein gröfserer, der

1) Man hat vielfach behauptet, dafs Platintheilchen von dem negativen Draht zum positiven herübergeschleudert werden. Diefs scheint mir bei den Inductionsströmen nicht begründet; denn läfst man die Entladung durch ein Röhrchen, wie es so eben beschrieben worden, das aber nur Platindrähte enthält, während längerer Zeit stets in derselben Richtung hindurch gehen, so bekleidet sich dasselbe mit dem schwarzen Anflug nur in dem Theile, indem sich der negative Draht befindet; in der Nähe des positiven Drahts nimmt man selbst nach sehr langer Zeit nichts davon gewahr. Ich glaube deshalb, dafs der schwarze Anflug davon herrührt, dafs das Platin sich an dem negativen Drahte entweder verflüchtigt oder von ihm fortgeschleudert wird, aber nicht gerade nach dem positiven Drahte. Denn enthält das Röhrchen Aluminiumdrähte, die so kurz sind, dafs das negative Licht sich noch über einen Theil des Platindrahts, an dem das Aluminium befestigt ist, ausdehnt, so entsteht der schwarze Anflug nur in der Nähe des Platins, also ganz entfernt von dem positiven Drahte.

erst vor wenigen Monaten vollendet worden, dessen Inductionsdraht die Länge von 40000 Meter und, ohne die Seide mit der er übersponnen ist, einen Durchmesser von $0,13^{mm}$ hat.

Für beide wurde eine Säule aus zwei Bunsen'schen Elementen benutzt. Mit dieser lieferte der groſse Apparat Funken in freier Luft von 3 bis 4 Centim. Länge. Wird derselbe mit einer groſsen dazugehörigen Säule in Thätigkeit gesetzt, so erhält man Funken bis zu 39 Centim. Länge. Von solcher Stärke konnte der Apparat indeſs zu den folgenden Versuchen nicht angewendet werden.

Auſser dem Proberöhrchen wurde noch eine Röhre benutzt, in der sich zwei, ein Millimeter dicke, abgerundete Platindräthe befanden, die mittelst einer Stopfbüchse in beliebige Entfernung von einander gebracht werden konnten. Um die Luft in dieser Röhre zu verdünnen, war sie auf eine Luftpumpe aufgesetzt. Sie unterscheidet sich daher von einem elektrischen Ei nur dadurch, daſs sie enger, dafür aber auch länger ist, und gröſsere Entfernungen der Poldrähte zuläſst. Zur Unterscheidung werde ich diese Röhre die Luft-Röhre nennen.

Wurde dieselbe zugleich mit dem Proberöhrchen in den inducirten Strom von einem der beiden Inductionsapparate eingeschaltet und waren, bei einer gewissen Verdünnung und bei einer gewissen Entfernung der Pole, nur einfache Ströme wahrnehmbar, so traten alternirende jedesmal auf, wenn die Pole so weit entfernt wurden, daſs die Elektricität nicht mehr in einer leuchtenden Linie zwischen ihnen überging, sondern sich büschelartig an beiden ausbreitete. Bei fernerer Entfernung der Drähte von einander zeigten sich in der Proberöhre stets alternirende Ströme. Statt die Poldrähte zu entfernen, kann man, um denselben Erfolg zu erhalten, die Dichtigkeit der Luft in der Röhre allmählig vermehren; auch hierbei beginnen, sobald die büschelartige Entladung in der Röhre eintritt, die Ströme alternirend zu werden.

Ich glaubte hieraus schlieſsen zu dürfen, daſs eine Ver-

mehrung des Widerstandes die alternirenden Ströme veranlasse, und habe deshalb statt des Widerstandes der Luft, den von flüssigen und festen Leitern angewandt. Zu dem Ende wurde die Luftröhre durch eine 1 Meter lange Glasröhre von 3^{mm} Durchmesser ersetzt, in der zwei Platindrähte einander beliebig genähert oder von einander entfernt werden konnten. Wurde diese Röhre mit einer Salzauflösung gefüllt, so war es, selbst wenn dieselbe nur 0,25 Proc. schwefelsaures Kali enthielt und die in derselben befindlichen Drähte bis auf 900^{mm} von einander entfernt wurden, nicht möglich alternirende Ströme zu erhalten. Befand sich aber reines Wasser in der Röhre, so war der Vorgang ähnlich wie bei Anwendung der Luftröhre. Bei einer gewissen Entfernung der Drähte nämlich, waren nur einfache Ströme vorhanden, bei einer gröfseren hingegen wurden sie alternirend. Durch metallische Widerstände gelang es ebenfalls alternirende Ströme zu erzeugen, allein es bedurfte hierfür, wenn aufser dem Proberöhrchen keine Luft oder Wasserröhre eingeschaltet war, der 40,000 Meter langen Spirale des grofsen Inductionsapparates als Widerstand; dann aber traten sie, bei Erzeugung der Ströme durch den kleinen Inductionsapparat, sehr deutlich auf.

Auch wenn man den Widerstand auf andere Weise vermehrt, entsteht negatives Licht an beiden Drähten. Läfst man die Funken des grofsen Inductionsapparates in der Luft überschlagen und schaltet in den Zuleitungsdraht eine Proberöhre ein, so beobachtet man in derselben, so lange die Funken in der Luft kräftig überschlagen, nur an einem Pole negatives Licht; gehen die Funken aber zischend durch die Luft, so ist negatives Licht an beiden Polen der Proberöhre.

Ebenso erhält man durch Einschalten eines Glimmerblattes in den, bis auf das Proberöhrchen, ganz metallischen Schliefsungsbogen negatives Licht an beiden Drähten. Dieselbe Wirkung bringt, wie auch schon Hr. Poggendorff gezeigt hat [1]), eine Leydener Flasche hervor, welche direct in den Strom eingeschaltet wird.

1) Poggend. Ann. d. Phys. XCIV. 326.

Befestigt man die Proberöhre, statt sie in den Inductionsdraht einzuschalten, nur an dem einen Ende desselben und leitet das andere zur Erde ab, so erhält man ebenfalls alternirende Ströme oder um mich vorsichtiger auszudrücken: es tritt an beiden Poldrähten negatives Licht auf.

Schmilzt man in eine kleine, mit sehr verdünnter Luft gefüllte Röhre, nur einen Draht ein, und befestigt diesen an dem einen Ende des Inductionsdrahts, während das andere mit der Erde in Verbindung steht, so erhält man, wenn das Röhrchen ganz frei in der Luft hängt, doch an dem eingeschmolzenen Drahte eine Lichterscheinung und zwar stets negatives Licht, das Röhrchen mag an dem einen oder anderen Ende des Inductionsdrahts befestigt seyn, oder wenn es an demselben Ende bleibt, mag der Strom in der einen oder der anderen Richtung den Draht durchlaufen. Die Intensität dieses Lichts nimmt zu wenn man dem Röhrchen von aufsen einen Leiter nähert.

In wie eigenthümlicher Weise das Glas bei der Entladung wirkt, geht noch aus folgender Beobachtung hervor. War die Luftröhre in dem Schliefsungsbogen eingeschaltet, und die Entfernung der Drähte in derselben so gewählt, dafs nur einfache Ströme übergingen, bei etwas gröfserer Entfernung aber alternirende Ströme aufgetreten wären, so hörte der Uebergang von einem Draht zum andern auf, sobald man die Röhre an dieser Stelle mit der Hand umschlofs, und es traten dann sogleich alternirende Ströme, in der gleichzeitig eingeschalteten Proberöhre hervor. Dabei sah man, wenn nicht immer doch häufig, die Elektricität in der Luftröhre nach dem Glase übergehen. Dieselbe Erscheinung zeigte sich auch in dem elektrischen Ei, nur war bei diesem, da es viel weiter ist, erforderlich, es in seinem ganzen Umkreise mittelst eines Stanniolstreifens ableitend zu berühren. Entfernte man dann die Hand oder das Stanniol, so verging gewöhlich einige Zeit bis der Uebergang der Elektricität von einem Drahte zum andern sich wieder herstellte.

Aus dem bisher angeführten liefs sich schliefsen, und

die Erfahrung hat es vollkommen bestätigt, dafs wenn die Entfernung der Poldrähte in der mit Wasser gefüllten oder in der Luftröhre so gewählt wird, dafs bei Anwendung des grofsen Inductionsapparates noch einfache Ströme erhalten werden, und es wird dann der grofse Apparat mit dem kleinen vertauscht, dafs dann alternirende Ströme auftreten [1]). Es ist nämlich für die Intensität des Stromes, den dieser Apparat erzeugt, der Widerstand in der Luftröhre zu grofs; deshalb findet dann auch die Entladung nicht mehr in einer hellen, leuchtenden Linie statt, sondern sie geschieht büschelförmig.

Aber nicht allein durch einen im Verhältnifs zur Stromintensität zu grofsen Widerstand entstehen alternirende Ströme, sondern auch wenn derselbe in Bezug auf die Entladung zu klein ist.

1) Für beide Apparate wurde stets ein und derselbe Unterbrecher gebraucht und zwar der, welchen Hr. Ruhmkorff für seinen grofsen Inductionsapparat construirt hat. Bei diesem geschieht die Unterbrechung durch Trennung eines Platindrahts von Quecksilberamalgam, die nach Neeff'schen Princip durch einen besonderen kleinen Elektromagnet bewirkt wird, dessen Magnetismus ein einziges Daniell'sches Element erzeugt.

Die Unterbrechung mittelst der von Neeff angegebenen Construction des Hammers, bei der eine Spitze von einer Platte sich trennt, schwächt die Stärke des Inductionsstroms bedeutend mehr als der von Hrn Ruhmkorff für seine kleinen Apparate benutzte Hammer, der durch seine Schwere die Schliefsung bewirkt. Dieser letztere hat indefs einen unregelmäfsigen Gang. Ich hoffte, indem ich ihn verschieden abänderte, den Gang regelmäfsiger zu erhalten, und wandte deshalb zwei Platten von *Osmietum Iridii* an, um das Anhaften der Platten zu vermeiden, allein ich gelangte zu keinem günstigeren Resultat. Der zu dem grofsen Apparat construirte Unterbrecher ist jedenfalls vorzuziehen. Er gewährt auch noch den Vortheil, dafs man seinen Gang beliebig beschleunigen kann, indem man das mit ihm verbundene Pendel verkürzt. Ganz regelmäfsi ist indefs sein Gang auch nicht.

Hr. Riefs hat vor Kurzem einen Apparat construirt, bei dem die Unterbrechung durch ein Uhrwerk mit verstellbarem Pendel, einem Mälzel'schen Metronom, bewirkt wird. Möglich dafs dieser einen regelmäfsigeren Gang zur Folge haben wird.

Wählt man die Entfernung der Poldrähte in der Luftröhre so, daſs bei Anwendung des kleinen Inductionsapparates einfache Ströme erhalten werden, und vertauscht man denselben dann mit dem groſsen Apparate, so treten alternirende Ströme auf.

Den ähnlichen Erfolg kann man auch mit einem und demselben Inductionsapparat erhalten. Verbindet man die beiden Enden der Spirale des Inductionsapparates mit der Proberöhre, und schaltet auſserdem noch die Luftröhre ein, in der die Luft so weit als möglich verdünnt, so sieht man die Poldrähte in derselben, wenn sie einander hinreichend genähert sind, beide mit intensivem negativen Lichte umkleidet. Entfernt man dann die Drähte von einander, so nimmt das negative Licht an dem positiven Drahte immer mehr ab, und dehnt sich dafür an dem negativen mehr aus, bis der positive ganz frei davon ist. Würde man die Drähte hinreichend weit von einander entfernen können, so würde man wieder alternirende Ströme erhalten, allein die Röhre reichte hierfür nicht aus. Man erhält aber diesen Erfolg, wenn man allmählich Luft in die Röhre einläſst und dadurch den Widerstand vermehrt.

Der Gedanke liegt nahe, daſs die, bei so geringem Widerstand entstehenden, alternirenden Ströme darin ihren Grund haben möchten, daſs nicht nur beim Oeffnen, sondern auch beim Schlieſsen der Säule ein Strom inducirt wird. Bekanntlich hat Hr. Poggendorff[1]) gezeigt, daſs wenn die Enden der Inductionsrolle durch einen Metalldraht oder durch eine gut leitende Flüssigkeit verbunden sind, beim Schlieſsen wie beim Oeffnen der Säule Inductionsströme entstehen, die abwechselnd hin und her laufen. Hr. Gassiot[2]) hat später angegeben, daſs man in Röhren, die nach seiner Methode ausgeführt sind, auch beim Schlieſsen des Hauptstromes eine Lichterscheinung erhält, wenn man 10 oder mehr Elemente zur Erzeugung dieses Stromes benutzt.

1) A. a. O. 309.
2) Phil. Mag. XVI. 307.

Es war daher wahrscheinlich, dafs auch, wenn eine Proberöhre eingeschaltet ist, die nur eine kurze Schicht sehr verdünnter Luft enthält, beim Schliefsen des, hier nur durch zwei Bunsen'sche Elemente erzeugten Hauptstroms ein Inductionsstrom entstehe. Diefs hat sich auch bestätigt, denn wurde die Säule geschlossen, indem der Platindraht des Unterbrechers nur einmal mit der Hand in das Quecksilberamalgam getaucht wurde, so erhielt man in der Proberöhre eine Lichterscheinung, die indefs bedeutend schwächer als beim Oeffnen der Säule war. Zum Theil beruhen daher die bei sehr geringem Widerstand beobachteten alternirenden Ströme auf dem Inductionsstrom, der beim Schliefsen der Säule entsteht. Allein ich glaube sie beruhen auch nur zum Theil darauf, denn der Strom der durch einmaliges Oeffnen der Säule, ohne darauf folgendes Schliefsen entsteht, bringt auch schon negatives Licht an beiden Poldrähten hervor. Man kann zwar behaupten, dafs man keine einmalige Unterbrechung hervorbringen könne, dafs stets abwechselnde Schliefsungen und Unterbrechungen vorhanden sind; aber auffallend bleibt es, dafs bei der einmaligen Unterbrechung die Lichterscheinung in der Proberöhre stets dieselbe war, die Trennung mochte plötzlich oder langsam bewirkt werden, indem eine Platinspitze aus Quecksilberamalgam herausgezogen, oder zwei Kupferflächen durch Oeffnen des Inversors von einander getrennt wurden.

Auch die folgende Beobachtung macht es wahrscheinlich, dafs schon durch einmaliges Oeffnen der Säule alternirende Ströme in dem inducirten Strome entstehen.

Es ist soeben erwähnt worden, dafs wenn man die Entfernung der Poldrähte in der Luftröhre so wählt, dafs bei Anwendung des kleinen Inductionsapparates einfache Ströme entstehen und man vertauscht diesen Apparat gegen den grofsen, dafs dann alternirende Ströme auftreten. Beobachtet man nun zunächst in der stark verdünnten Luftröhre, während der kleine Inductionsapparat in Thätigkeit ist, den negativen Draht, so erscheint er auf grofser Länge mit bläulichem Lichte umkleidet, der positive ist dagegen ganz

frei davon. Wendet man dann den grofsen Inductionsapparat an, so erscheint ein sehr viel kürzeres Stück des negativen Drahtes blau, dafür erscheint aber auch ein Stück des positiven Drahtes in dieser Farbe; gerade so verhalten sich aber auch die Drähte, wenn nur eine einmalige Unterbrechung der Säule vorgenommen wird. Es ist wohl kaum anzunehmen, dafs bei solcher einmaligen Unterbrechung noch eine Schliefsung stattfinde, die einen ebenso starken Strom erzeugt als der, welcher bei regelmäfsigem Schliefsen der Säule entsteht. Wenn daher auch nicht erwiesen ist, dafs bei hinreichend geringem Widerstand alternirende Ströme entstehen, so ist diefs wenigstens sehr wahrscheinlich.

Aufserdem hat auch sowol Hr. Dr. Feddersen [1]) als Hr. Dr. Paalzow gefunden, dafs bei der Entladung der Leydener Batterie alternirende Ströme sich zeigen wenn der Widerstand gering ist.

Man kann deshalb als erwiesen ansehen, dafs die Inductionsströme nur bei einem gewissen Widerstand einfach sind. Ueberschreitet derselbe eine bestimmte Gränze, so werden sie alternirend, sinkt er unter eine gewisse andere Gränze hinab, so werden sie ebenfalls alternirend. Diese Gränzen sind verschieden nach der Intensität des Stromes.

Ueber die Farbenveränderung des elektrischen Lichts.

In den Proberöhren, deren ich mich bediente, erschien das negative Licht, das sonst in verdünnter atmospärischer Luft stets intensiv blau ist, von fast weifser Farbe, und ebenso war das von dem positiven Pole bis zu dem dunkeln Zwischenraum sich erstreckende Licht, das sonst roth zu seyn pflegt, weifs. Ich habe mich bemüht die Ursache dieser Veränderung der Farbe aufzufinden.

Wird ein neugefertigtes Röhrchen der beschriebenen Art angewendet, so erscheint zuerst das negative Licht blau und der Raum zwischen beiden Drähten ist mit rothem Licht erfüllt. Gleich darauf aber wird beides heller. Der Raum zwischen beiden Drähten wird braun und zuletzt weifs und

1) Poggend. Annal. d. Phys. CXII. 452.

ebenso wird das negative Licht ganz weifslich. Ist diese Umwandlung einmal erfolgt, so bleibt die Farbe in den hermetisch verschlossenen Röhren unverändert. Hat man aber ein solches Röhrchen, das sich öffnen läfst, so zeigt sich, wenn die Luft erneut wird, anfangs das negative Licht blau und der Zwischenraum roth, gleich darauf aber wird beides wieder weifs.

Auf einer Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Aluminium konnte diese Veränderung nicht beruhen, denn im Stickgase, das in diesem Falle allein zurückbleiben würde, ist die Farbe des elektrischen Lichts ganz ähnlich der in atmosphärischer Luft. Am meisten hatte die Erscheinung Aehnlichkeit mit dem elektrischen Licht in Kohlensäure oder in Wasserstoff. Da aber diese nicht anwesend waren, so kam ich auf den Gedanken, dafs das Aluminium vielleicht bei seiner Bearbeitung mit irgend einer fremden Substanz, einem Fette oder dergleichen in Berührung gekommen sey, und dafs durch dieses die Erscheinung hervorgebracht werde. Es wurden deshalb zwei Aluminiumdrähte, die aus gewalztem Blech geschnitten waren, durch Abschaben so vollständig als möglich gereinigt, und ohne mit den Fingern berührt zu werden in das Röhrchen eingeschmolzen. Bei diesem Zustande der Drähte erhielt sich das Licht unverändert, so wie es im ersten Augenblicke sich gezeigt hatte, d. h. stets blau am negativen Draht und roth zwischen beiden Drähten.

Nachdem sich hierdurch die Voraussetzung, dafs die Farbenveränderung von einer fremden Substanz herrührt, bestätigt hatte, fand ich, dafs in so engen Röhren schon die geringste Menge von Fett an dem negativen Draht genügt, um das Licht weifs zu machen. Oft ist die Berührung mit den Fingern schon ausreichend dafür, und zwar nicht nur bei Anwendung von Drähten aus Aluminium, sondern ebenso aus Kupfer, Messing, Platin und wahrscheinlich jedem andern Metall, dafs bei der vorhandenen Temperatur nicht flüchtig ist. An dem positiven Draht wirkt das Fett wenig oder gar nicht, es mag an der Spitze angebracht seyn oder in einiger Entfernung von derselben.

Talg, fette Oele, Stearinsäure, Wachs verhalten sich alle ganz ähnlich. Bringt man etwas davon an den negativen Draht, so sieht man anfangs die eingefettete Stelle roth, während der übrige Draht in blauem Licht erscheint. Gleich darauf umgiebt sich diese Stelle mit einer röthlichen Hülle, die allmählich wieder verschwindet. In demselben Maafse als diefs geschieht wird das blaue Licht an den übrigen Stellen des Drahtes weifs und das rothe Licht zwischen beiden Drähten geht durch braun ebenfalls in weifs über. Wahrscheinlich zersetzt sich das Fett, doch war es nicht möglich die Zersetzung nachzuweisen, da die Menge, um die es sich hier handelt, zu gering ist.

XII. *Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Siemens: Ueber Widerstandsmaafse und die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Metalle von der Wärme; von D. A. Matthiefsen.*

1. In obiger Abhandlung[1]) sagt Hr. Siemens (S. 92) »Es kann wohl mit Bestimmtheit behauptet werden, dafs die geübtesten und mit den vollkommensten Instrumenten und Localitäten ausgerüsteten Physiker nicht im Stande seyn werden, absolute Widerstandsbestimmungen zu machen, die nicht um einige Procent von einander verschieden wären. Ein Maafs, welches so wenig genau ist, würde nicht einmal den Anforderungen der Technik genügen.« Hr. Siemens giebt jedoch keine Gründe für diese Behauptung.

Prof. W. Thomson äufsert sich über diesen Gegenstand folgendermafsen:

1) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 91

»Es ist unmöglich den grofsen praktischen Werth dieses Systems des absoluten Maafses zu überschätzen, welches Weber in das ganze Gebiet der Elektricität eingeführt hat«[1]). Ich war immer der Meinung, dafs die absoluten Widerstandsbestimmungen, nach der Weber'schen Methode ausgeführt, höchst genaue Resultate liefern; um aber den Ansichten des Hrn. Siemens über diesen Gegenstand besser entgegentreten zu können, schrieb ich an den Hrn. Prof. Thomson, annehmend, dafs das Urtheil eines so berühmten Physikers die Sache entscheiden würde.

Die Antwort des Hrn. Prof. Thomson war folgende:

»Es steht wohl aufser Zweifel, dafs die absoluten Widerstandsbestimmungen von Weber (Pogg. Ann. 1851. No. 3) wahrlich beträchtlich genauer als ein halbes Procent sind. Er gebrauchte zwei auffallend verschiedene Methoden und erhielt mittelst derselben für einen und denselben Leiter die Werthe 190,3 und 189,8 nach absolutem Maafse. Die Einzelheiten in der Anwendung jeder dieser beiden Methoden bieten eine solche Uebereinstimmung dar, dafs die Möglichkeit eines Irrthums von einem halben Procent als Mittel der Bestimmungen bei einer dieser Methoden nicht zulässig ist, durch einen Irrthum in den angebrachten Correctionen. Eine solche Annahme scheint aber ganz unhaltbar durch die nahe Uebereinstimmnng der Resultate, welche durch die beiden Methoden mittelst verschiedener Instrumente, ganz verschiedener experimenteller Operationen und verschiedener Reductionen und Correctionen (um sie auf das absolute Maafs zu reduciren) erhalten wurden. Das Mittel der oben erwähnten Zahlen 190,05 weicht von jeder Bestimmung weniger als 0,14 Proc. ab. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs dieses Mittel innerhalb 0,1 Proc. der Wahrheit nahe ist; es ist unwahrscheinlich, dafs es 0,2 Proc. von der Wahrheit entfernt ist, es ist beinahe unmöglich, dafs es um ein halbes Procent falsch ist.«

II. Hr. Siemens sagt (S. 93): »Da die Abweichungen in den Leitungsfähigkeiten meiner an verschiedenen

1) *Proceedings of the Royal Society T. VIII, p.* 555.

Orten dargestellten Gold-Silber-Legirungen 1,5 Proc. betragen, so seyen dieselben unbrauchbar zu dem von mir vorgeschlagenen Zweck [1]), nämlich zur Reproduction von Widerstandsmaafsen, mittelst welcher die Beobachtungen der verschiedenen Experimentatoren mit einander verglichen werden könnten, oder zur Reproduction eines Widerstandes in absolutem Maafse.« Wenn man aber zwei Legirungen von verschiedenen Leuten bereiten läfst, und die Widerstände derselben bestimmt, so würde man sicherlich nicht ein halbes Procent von dem wahren Widerstande entfernt seyn: sechs von den acht von mir geprüften Legirungen stimmen innerhalb dieser Gränze. Hr. Siemens giebt in seiner ersten Abhandlung [2]) eine Tabelle von verschiedenen mit Quecksilber gefüllten Röhren Seine Werthe für $\frac{w}{w_1}$, wenn w der berechnete und w_1 der gefundene Widerstand ist, so wie die von mir für die Leitungsfähigkeiten der Gold-Silber-Legirungen gefundenen sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

Röhren-	Werthe für $\frac{w}{w_1}$	Legirung,	Leitungsfähigkeit für die Legirung, hartgezogen.
1	1,008	1	1,003
2	1,000	3	1,002
3	1,0008	5	0,988
4	0,992	6	1,001
5	0,994	7	0,997
6	1,005	8	1,001

Hr. Siemens von den von ihm gefundenen Differenzen sprechend sagt: »dieselben seyen nicht gröfser als man erwarten könnte« und fährt fort »die Temperatur des Etalons (Kupfer) und des Quecksilbers schwankte 2 bis 3°, während der Beobachtungen.« Derselbe giebt aber nicht an, welche Bestimmungen bei der höheren oder niederen Tem-

1) Pogg. Ann. Bd. 112, S. 353

2) Pogg. Ann Bd 110, S. 1.

peratur gemacht wurden, so dafs die von ihm gefundenen Differenzen gröfser oder kleiner seyn könnten. Vergleicht man die beiden Reihen obiger Tabelle, so findet man die gröfste Differenzen in beiden Reihen gleich. Wenn daher, nach der Ansicht des Hrn. Siemens, die Gold-Silber-Legirung als Normalmaafs unbrauchbar ist, wie viel mehr gilt dieser Ausspruch für das Quecksilbermaafs, da Hr. Siemens mittelst seiner eigenen Bestimmungen mit demselben Quecksilber in Röhren, die aus einer grofsen Anzahl sorgfältig ausgewählt, keine gröfsere Genauigkeit erreichen konnte, als wie mit Legirungen an verschiedenen Orten, von verschiedenen Leuten, mit verschiedenem Gold und Silber dargestellt und von verschiedenen Drahtziehern zu Draht gezogen. Hätte ich meine acht Legirungen aus demselben Gold und Silber dargestellt und gezogen, so würde ich unzweifelhaft Resultate erhalten haben, die noch nicht um 0,1 von einander abwichen. Wenn verschiedene Beobachter die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bestimmen würden, wäre es da nicht wahrscheinlich, dafs die von denselben gefundenen Resultate gröfsere Unterschiede zeigten, als die von Hrn. Siemens selbst gefundenen? In der That haben verschiedene Beobachter bereits die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers bestimmt und wir wollen die von denselben gefundenen Werthe für die verschiedenen Metalle vergleichen und zwar so, dafs wir einmal die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100 und das andere Mal die des Quecksilbers = 100 annehmen. Ich behaupte nun, dafs wenn die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Werthe für die Leitungsfähigkeit eines und desselben Metalls besser übereinstimmen, falls sie mit Silber als falls sie mit Quecksilber als Einheit verglichen werden, die von Hrn. Siemens vorgeschlagene Quecksilber-Einheit als solche unbrauchbar ist.

Tabelle II.

Leitungsfähigkeit der Metalle, wenn Silber = 100,

	Siemens [2]).	Lenz.	Becquerel.	Matthiefsen.
Silber [1])	100	100	100	100
Kupfer [1])	96,92	73,4	95,3	99,5
Gold [1])	—	58,5	68,9	78
Kadmium	—	—	26,3	23,8
Zink	—	—	25,7	29,2
Zinn	—	22,6	15,0	12,3
Eisen	—	13,0	13,1	14,4 bei 20°,4
Blei	—	10,7	8,8	8,3
Platin [1])	14,2	10,4	8,6	10,5 bei 20°,7
Quecksilber	1,72	3,42 bei 18°,7	1,86	1,65

Tabelle III.

Leitungsfähigkeit der Metalle, wenn Quecksilber = 100.

	Siemens.	Lenz.	Becquerel.	Matthiefsen.
Silber	5820	2924	5376	6060
Kupfer	5630	2146	5123	6030
Gold	—	1710	3704	4727
Kadmium	—	—	1414	1442
Zink	—	—	1382	1770
Zinn	—	659	810	745
Eisen	—	380	704	872 bei 20°,7
Blei	—	312	473	803
Platin	825	304	462	636 bei 20°,9
Quecksilber	100	100 bei 8°,7	100	100

Ein Blick auf obige Tabelle ist genügend, um zu zeigen, wie schlecht die Beobachtungsreihe von Lenz mit den andern stimmt, wenn Quecksilber als Einheit genommen wird; und wenn man die von Becquerel mit denen von mir gefundenen Werthen vergleicht, so ergeben sich folgende Unterschiede.

1) Hartgezogen. Alle Temperaturen = 0° C., wenn nicht eine andere angegeben wird.

2) Obige Abhandlung Seite 18.

Tabelle IV.

	Wenn Silber = 100	Wenn Quecksilber = 100.
Kupfer	4,3 Proc.	15,0 Proc.
Zinn	11,6 »	21,6 »
Kadmium	9,0 »	2,0 »
Zink	11,9 »	22,1 »
Zinn	18,0 »	8,0 »
Eisen	9,0 »	19,2 »
Blei	5,9 »	5,9 »
Platin	18,1 »	27,3 »

Diese Data beweisen die Unbrauchbarkeit der von Hrn. Siemens vorgeschlagenen Quecksilbereinheit, denn wir erhalten in der That besser übereinstimmende Resultate, wenn wir in obigen Reihen irgend ein anderes Metall als Quecksilber zur Einheit nehmen. Drei der obigen Beobachter geben das von ihnen gebrauchte Quecksilber als reines Metall an.

III. Hr. Siemens sagt (S. 93): »Neusilber eignet sich zur Anfertigung von Widerstands-Etalons jedenfalls weit besser als die kostbare Gold-Silber-Legirung.« Ich stimme mit ihm hierin ganz überein. Mein Vorschlag ging nur dahin, die Gold-Silber-Legirung als vergleichendes Normalmaafs zu gebrauchen. Hrn. Siemens' Quecksilber-Etalons dienen wohl für denselben Zweck.

IV. Hr. Siemens sagt (Seite 93): »Selbst wenn die Leitungsfähigkeit der Legirung stets vollkommen dieselbe bliebe, so würden sich kleine Widerstände doch nicht mit Genauigkeit mittelst derselben herstellen lassen, da in den Berührungsstellen der Drahtenden mit den Zuleitungsdrähten immer noch variabele Widerstände von wesentlicher Gröfse auftreten.« Ich will jedoch erwähnen, dafs ich die Enden des Normaldrahts immer an zwei dicke kupferne Drähte (von 2 bis 3^{mm} Durchmesser und ungefähr 38^{mm} Länge) löthe. Die beiden freien Enden dieser Drähte, sorgfältig weich gemacht, tauchen in Quecksilbernäpfe, deren Boden aus amalgamirten Kupferplatten bestehen. Diese Näpfchen stehen auf ähnliche Weise mit dem Apparate in Verbindung.

Diese Anordnung giebt sehr befriedigende Resultate; nicht der geringste Unterschied in dem Widerstand wird beobachtet, wenn der Normaldraht aus den Quecksilbernäpfen herausgenommen und dann wieder eingesetzt wird. Wenn aber ein Draht der Gold-Silber-Legirung für den Gebrauch einmal hergerichtet worden ist, so kann man denselben immer wieder gebrauchen; nur müssen die Enden jedesmal frisch amalgamirt werden, was leicht und ohne grofsen Zeitverlust geschehen kann. Beim Gebrauche des von Hrn. Siemens vorgeschlagenen Einheitsmaafses mufs das Quecksilber und die Röhre jedesmal sorgfältig gereinigt werden, was (abgesehen von der Gefahr die Röhre zu zerbrechen) nicht ohne grofsen Zeitverlust geschehen kann.

V. (S. 95). Hr. Siemens giebt eine Tabelle, mittelst welcher er zu beweisen sucht, dafs er Widerstands-Etalons nach seiner Methode bis zu jeder erforderlichen Genauigkeit darstellen kann. Er beweist aber nur, dafs es ihm möglich ist, dieselben Röhren mit verschiedenem Quecksilber zu füllen und dafs die Widerstände dieser Röhren nur 0,05 Proc. differiren, denn er vergleicht drei unbekannte Widerstände mit zwei gleichen (reducirt auch gleiche Länge und Durchmesser) und erhält beinahe dieselbe Werthe. Hätte derselbe statt der mit 3 und 7 bezeichneten Normalröhren, die mit No. 1 und 4 bezeichneten benutzt, würde er wohl auch dasselbe Resultat erhalten haben? nein, sondern eine Differenz von 1,5 Procent (man vergleiche seine Resultate in Tabelle I).

VI. Hr. Siemens sagt (S. 96): »Die von mir aufgestellte Behauptung, dafs Spuren fremder Metalle eine Abnahme in den Leitungsfähigkeiten des reinen Quecksilbers verursachen und nicht wie Siemens sagt eine Zunahme sey falsch.« Hr Siemens hat hierin vollkommen recht. Ich war durch die Thatsache irre geleitet, dafs Quecksilber in Verbindung mit mehreren Procenten anderer Metalle eine schlechtere Leitungsfähigkeit besitzt als das Mittel der Leitungsfähigkeit der Volumina angewandter Metalle, und da ich in allen meinen Versuchen nie eine Zunahme in der

Leitungsfähigkeit eines Metalles gefunden hatte wenn es mit Spuren anderer Metalle legirt war, so kam ich zu dem Schlusse, daſs Spuren (0,1 bis 0,2 Proc.) fremder Metalle auch eine Verminderung der Leitungsfähigkeit des Quecksilbers verursachen müſsten.

Da Quecksilber sich in dieser Beziehung anders als die übrigen Metalle verhält, so müssen wir statt der von mir in meiner Abhandlung [1]) über die Leitungsfähigkeit der Legirungen für die Metalle vorgeschlagenen zwei Klassen, nämlich:

I. Diejenigen Metalle, welche, wenn mit einander legirt, die Elektricität in dem Verhältniſs ihrer relativen Volumina leiten.

II. Diejenigen Metalle, welche, wenn legirt mit einem Metall der Klasse I oder mit einander, die Elektricität *nicht* in dem Verhältniſs ihrer Volumina leiten, sondern *stets schlechter* als das Mittel ihrer Volumina, jetzt eine dritte Klasse annehmen, welche wahrscheinlich durch diejenigen Metalle gebildet wird, welche legirt mit Spuren anderer Metalle eine *gröſsere* Leitungsfähigkeit, wenn legirt mit gröſseren Quantitäten anderer Metalle, eine *geringere* Leitungsfähigkeit besitzt als das Mittel der ihrer Volumina.

In wiefern diese Annahme wahr sey, bin ich so eben beschäftigt zu untersuchen, und es wird sehr interessant seyn zu sehen, ob reine Metalle, wie Wismuth, Zinn etc., im flüssigen Zustande sich wie Quecksilber verhalten, d. h. ob wenn zu dem geschmolzenen Metall Spuren eines anderen Metalls hinzugefügt werden, eine Zunahme in der Leitungsfähigkeit beobachtet wird. Ich habe weiter nun zu versuchen, ob die Leitungsfähigkeit von Quecksilber im festen Zustand durch die Zugabe eine Spur eines fremden Metalles vergröſsert oder verringert werde.

Als Beweis daſs meine Annahme in Beziehung auf das Verhalten der Metalle der dritten Klasse höchst wahrscheinlich richtig sey, gebe ich in Tabelle V einige sich darauf beziehende Versuche.

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 190.

Tabelle V.

Leitungsfähigkeit der Gold-Silber-Legirung bei 0° C. = 100 gesetzt.

Reines Quecksilber leitet 24,47 bei 18°.

Quecksilber					Leitungsfähigkeit beobachtet	Leitungsfähigkeit berechnet
legirt mit	0,1	Proc.	reines	Wismuth	24,58 bei 18,6	24,46
» »	0,01	»	»	Zinn	24,51 bei 18,4	24,50
» »	0,02	»	»	»	24,54 bei 18,0	24,52
» »	0,05	»	»	»	24,63 bei 18,2	24,61
» »	0,10	»	»	»	24,76 bei 18,8	24,75
» »	0,20	»	»	»	25,84 bei 19,0	25,02
» »	0,50	»	»	»	25,86 bei 18,4	25,83
» »	1	»	»	»	26,62 bei 18,6	27,19
» »	2	»	»	»	27,66 bei 18,8	29,19
» »	4	»	»	»	29,69 bei 19,0	35,09

Bei den Berechnungen wurde die Leitungsfähigkeit des Zinns = 172,09, diejenige des Wismuths = 17,88 angenommen. Das specifische Gewicht des Quecksilbers = 13,573, das des Wismuths = 9,823 und das des Zinns = 7,294.

Die Widerstände der Amalgame wurden in derselben Röhre bestimmt, welche für das Quecksilber benutzt wurde, so dafs ein Fehler in der Messung der Länge und des Durchmessers keinen Einflufs auf die erhaltenen relativen Werthe ausüben konnte.

Wir ersehen aus obiger Tabelle, dafs sogar Wismuth, ein schlechterer Leiter als Quecksilber, die Leitungsfähigkeit desselben erhöht, wie ja auch aus obiger Annahme zu erwarten steht. Die Versuche mit den Amalgamen zeigen, wie wichtig es seyn müfste, wenn Quecksilber als Widerstandsmaafs angenommen würde, dafs dasselbe *absolut chemisch rein* wäre. Wir können keine bessere Uebereinstimmung in den von verschiedenen Beobachtern gefundenen Werth für Quecksilber erwarten, wenn Spuren fremder Metalle dessen Leitungsfähigkeit so beträchtlich verändern.

VII. (S. 103) Hr. Siemens giebt eine Tabelle, aus welcher er schliefst, dafs die Zunahme des Widerstandes des Quecksilbers zwischen 0° und 100° als constant zu betrachten sey. Mit andern Worten: Hr. Siemens nimmt an, dafs die Formel $W = 1 + at$ den Widerstand des Quecksilbers für irgend eine Temperatur zwischen 0° und 100° ausdrücke. Wollen wir jetzt aus Hrn. Siemens Resultaten den Werth von »a« berechnen und zwar für Temperaturen, für welche der Widerstand beobachtet worden ist. Man erhält diesen Werth durch den Gebrauch der Formel $a = \frac{W-1}{t}$.

In Tabelle VI gebe ich Hrn. Siemens Tabelle über den Widerstand des Quecksilbers für verschiedene Temperaturen zugleich mit dem Werth des Coëfficenten »a« für jede Beobachtung. Der Widerstand des Quecksilbers bei 0° ist = 1 gesetzt.

Tabelle VI.

t.	gefundener Widerstand	Berechneter Werth für »a«
0	1,000	
18,51	1,0166	0,000899
28,19	1,0262	0,000933
41,29	1,0391	0,000947
57,34	1,0548	0,000956
99,29	1,0959	0,000986

Wäre die Formel $W = 1 + at$ die richtige, so müfsten die für »a« gefundenen Werthe alle gleich seyn; da aber eine allmähliche Zunahme des Werthes von a stattfindet, so steht es aufser Zweifel, dafs eine Formel mit zwei Gliedern wie $W = 1 + at + bt^2$ die Widerstände für die verschiedenen Temperaturen richtiger ausdrücken würde.

Die Zunahme des Widerstandes des Quecksilbers zwischen 0° und 100° beträgt nach

Becquerel	Siemens	Matthiefsen und von Bose	Schröder van der Kolk[1])
10,3 Proc.	9,85 Proc.	9 Proc.	8,6 Proc.

1) Pogg. Ann. 110., S. 452.

Der von Hrn. Siemens angegebene Werth ist aus 12 Beobachtungen abgeleitet, der von Schröder van der Kolk angegebene aus 25 und der von v. Bose und mir aus 36. Ferner schliefst Hr. Siemens aus 14 Beobachtungen, dafs die Widerstandszunahme des Kupfers zwischen 0° und 10° constant sey, während v. Bose und ich gestützt auf 332 Beobachtungen für die Widerstandszunahme des Kupfers die Formel $W = 1 + at + bt^2$ herleiten. Unsere Versuche sind beinahe vollendet und wir hoffen dieselben vor Ende dieses Jahres zu veröffentlichen.

VIII. Hr. Siemens sagt (S. 105), »Was Hrn. Matthiefsen zu der am Schlusse seines Aufsatzes gemachten Aeufserung: dafs die gewöhnliche Annahme, die Leitungsfähigkeit des reinen wie käuflichen Kupfers ändere sich in gleichem Maafse mit der Temperatur, weit von der Wahrheit entfernt sey, veranlafst hat . . .« Zwei Gründe, welche mich zu dieser Aeufserung bewogen, sind:

I. Hr. Siemens selbst nimmt an (s. d. Abhandlung [1])), dafs die Leitungsfähigkeit seines Kupfer-Etalons durch Erwärmung um 1° C. um etwa 0,4 Proc. vermindert wird.

II. Hr. C. W. Siemens kommt zu derselben Annahme, bei der Beschreibung seines Widerstands-Thermometers [2]), stützt sich bei seinen Berechnungen auf Arndtsen's gefundenen Coëfficienten, ohne die von ihm gebrauchte Kupfersorte näher zu bezeichnen. Dafs meine Behauptung, in Beziehung auf den Unterschied in den Coëfficienten für die Zunahme der Widerstände für verschiedene Temperatur, für verschiedene Kupfersorten richtig ist, wird durch folgende Data bewiesen.

Hr. Siemens (S. 103) findet die Widerstandszunahme einer käuflichen Kupfersorte zwischen 0° und 100° = 32,9 Proc. Arndtsen fand die Zunahme für ein Kupfer, das Spuren von Eisen enthielt, = 36 Proc., von Bose und ich fanden diese Zunahme für reines Kupfer = 42 Proc.

1) Pogg. Ann. 100, S. 14.
2) *Phil. Mag. Januar* 1861.

und endlich zeigte ein von mir untersuchtes käufliches Kupfer eine Zunahme von ungefähr 8 Proc.

London den 8. August 1861.

XIII. *Zur Theorie der Zungenpfeifen;* *von R. Helmholtz.*

Unter Zungenpfeifen verstehe ich alle solche Blasinstrumente, in denen dem Luftstrom der Weg durch einen schwingenden elastischen Körper bald geöffnet, bald verschlossen wird. Die erste Arbeit, welche die Mechanik der Zungenpfeifen verständlich machte, war die von W. Weber. Er experimentirte aber hauptsächlich mit metallenen Zungen, die wegen ihrer grofsen Masse und Elasticität nur dann von der Luft kräftig bewegt werden, wenn sich der von der Pfeife angegebene Ton nicht zu sehr von dem Eigenton der freien Zunge unterscheidet. Daher sind die Pfeifen mit metallenen Zungen in der Regel nur fähig einen einzigen Ton anzugeben, nämlich nur denjenigen unter den theoretisch möglichen Tönen, welcher dem eigenen Ton der Zunge am nächsten liegt.

Anders verhält es sich mit Zungen von leichtem, wenig Widerstand leistendem Material, wie es die Rohrzungen der Clarinette, Oboe, des Fagotts, die menschlichen Lippen in den Trompeten, Posaunen, Hörnern sind. Sehr geeignet für die Versuche sind auch membranöse Zungen aus vulkanisirtem Kautschuk, ähnlich den Stimmbändern des Kehlkopfs gestellt; nur mufs man sie, damit sie leicht und gut ansprechen, schräg gegen den Luftstrom stellen.

Die Wirkung der Zungen ist wesentlich verschieden, je nachdem die von ihnen geschlossene Oeffnung sich öffnet,

wenn sich die Zunge dem Winde entgegen nach der Windlade zu bewegt, oder wenn sie sich mit ihm gegen das Ansatzrohr bewegt. Die ersteren nenne ich *einschlagende Zungen,* die letzteren *ausschlagende.* Die Zungen der Clarinette, Oboe, des Fagotts, der Zungenwerke der Orgel sind alle einschlagende Zungen. Die menschlichen Lippen in den Blechinstrumenten repräsentiren dagegen ausschlagende Zungen. Die von mir gebrauchten Kautschukzungen kann man einschlagend und ausschlagend stellen.

Die Gesetze für die Tonhöhe der Zungenpfeifen ergeben sich vollständig, wenn man die Bewegung der Zunge unter dem Einflusse des periodisch wechselnden Luftdrucks im Ansatzrohr und Windrohr bestimmt, und berücksichtigt, dafs das Maximum der Geschwindigkeit der ausströmenden Luft nur erreicht werden kann, wenn die von der Zunge gedeckte Oeffnung ihre gröfste Weite erreicht hat.

1) *Zungen mit cylindrischem Ansatzrohr ohne Windrohr.* Die Zunge wird betrachtet als ein Körper, der durch elastische Kräfte in seine Gewichtslage zurückgeführt wird, und durch den, wie der Sinus der Zeit periodisch wechselnden, Druck im Ansatzrohr, wieder daraus entfernt wird. Die Bewegungsgleichungen [1]) zeigen, dafs der Augenblick stärksten Drucks in der Tiefe des Ansatzrohrs fallen mufs zwischen eine gröfste Elongation der Zunge nach aufsen, die ihm voraufgeht, und eine gröfste Elongation nach innen, welche nachfolgt, und wenn man sich die Schwingungsdauer gleich der Peripherie eines Kreises in 360 Grade abgetheilt denkt, ist der Winkel ε, um welchen das Maximum des Druckes nach dem Durchgang der Zunge durch ihre Mittellage eintritt, gegeben durch die Gleichung

$$\tang \varepsilon = \frac{L^2 - \lambda^2}{\beta^2 L^2 \lambda},$$

wo L die Wellenlänge des Tons der freien Zunge in der Luft bezeichnet, λ die des wirklich eingetretenen Tons und β^2 eine Constante ist, welche bei Zungen von leichtem Ma-

1) Aehnlich zu behandeln, wie Seebeck's Theorie des Mittönens. Repertorium der Physik. VIII. 60—64

terial und gröfserer Reibung gröfser ist als bei schwerem und vollkommen elastischem Material. Der Winkel ε ist zu nehmen zwischen $-90°$ und $+90°$.

In derselben Weise mufs nun bestimmt werden die Zeit, um welche der gröfste Druck in der Tiefe des Ansatzrohrs abweicht von der gröfsten Geschwindigkeit, welche letztere wieder zusammenfallen mufs mit derjenigen Stellung der Zunge, wo die Oeffnung am weitesten ist. Die Berechnung dieser Gröfse ergiebt sich aus meinen Untersuchungen über die Luftbewegung im Innern eines offenen cylindrischen Rohrs [1]). Das Maximum der nach der Oeffnung gerichteten Geschwindigkeit geht dem Maximum des Drucks voraus um einen Winkel δ (die Schwingungsdauer als Peripherie eines Kreises betrachtet), der gegeben ist durch die Gleichung

$$\text{tang}\ \delta = \frac{-\lambda^2}{4\pi Q} \sin\left[\frac{4\pi(l+a)}{\gamma}\right],$$

worin Q den Querschnitt, l die Länge des Ansatzrohrs bezeichnet und a eine von der Form abhängige Constante, welche bei Röhren, deren Querschnitt vom Radius ϱ ist, gleich $\frac{\pi}{4}\varrho$ ist. Der Winkel δ ist wieder zwischen $-90°$ und $+90°$ zu nehmen.

Da nun Luft in das Ende des Ansatzrohrs nur eintreten kann, wenn die Zunge geöffnet ist, so mufs bei *einschlagenden* Zungen das Maximum der nach aufsen gerichteten Geschwindigkeit der Luft zusammenfallen mit der gröfsten Elongation der Zunge nach innen; es mufs also seyn

$$-\varepsilon = \delta + 90°$$

und δ sowie ε müssen negativ seyn.

Bei *ausschlagenden* Zungen dagegen mufs das Maximum der Luftausströmung zusammenfallen mit der gröfsten Elongation der Zunge nach aufsen, es mufs seyn

$$\frac{\pi}{2} = \delta + \varepsilon$$

und δ wie ε müssen positiv seyn.

1) Journal für reine und angewandte Mathematik, LVII.

Beide Fälle vereinigen sich in der Gleichung

$$\text{tang}\,\varepsilon = \text{cotang}\,\delta$$

oder

$$\sin\frac{4\pi(l+a)}{\lambda} = \frac{4\pi}{\lambda}\,Q\beta^2\,.\,\frac{L^2}{\lambda^2 - L^2} \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

bei der die Zungen beziehlich einschlagen oder ausschlagen müssen, je nachdem die auf beiden Seiten der Gleichung 1 stehenden Gröfsen positiv oder negativ ausfallen.

Da Q und β^2 sehr kleine Gröfsen sind, kann $\sin\frac{4\pi(l+a)}{\lambda}$ nur in dem Falle einen erheblichen Werth annehmen, wenn $\lambda^2 - L^2$ sehr klein ist, also der Ton der Pfeife dem der freien Zunge nahe kommt, wie das bei den metallenen Zungen meist der Fall ist. Wenn aber der Unterschied beider Töne $\lambda - L$ grofs ist, mufs im Gegentheil $\sin\frac{4\pi(l+a)}{\lambda}$ sehr klein seyn, also nahehin

$$l + a = \mathfrak{a}\,\frac{\lambda}{4}$$

worin $\mathfrak{a}$ eine beliebige ganze Zahl bezeichnet.

Der Druckwechsel in der Tiefe des Ansatzrohrs ist nun proportional $\sin\frac{2\pi(l+a)}{\lambda}$, also ein Maximum, wenn

$$l + a = 2\mathfrak{a}\,\frac{\lambda}{4}$$

und ein Minimum, wenn

$$l + a = (2\mathfrak{a} + 1)\,\frac{\lambda}{4}$$

Im ersten Fall ist die Kraft des Luftdrucks nicht ausreichend, um die Zunge zu bewegen, im zweiten Falle genügt sie bei nicht zu schweren und widerstehenden Zungen. Daher sprechen gut an die Töne, bei welchen nahehin

$$1 + a = (2\mathfrak{a} + 1)\,\frac{\lambda}{4}$$

bei denen also die Luftsäule des Ansatzrohrs wie die einer gedackten Pfeife schwingt. Gleichzeitig sieht man, dafs diese Töne fast unabhängig sind von der eigenen Tonhöhe der Zunge.

Von dieser Art sind die Töne der Clarinette; auch membranöse einschlagende Kautschukzungen an Glasröhren bis zu 16 Fufs Länge sprechen leicht an, und lassen verschiedene Obertöne hervorbringen, die der Gleichung 1 gut entsprechen. Ausschlagende Zungen müssen sehr tief gestimmt seyn, um reine Töne des Rohrs zu geben, daher die menschlichen Lippen dazu geeignet sind, in denen die elastischen Faserzüge mit einer grofsen Masse wässerigen unelastischen Gewebes belastet sind. Cylindrische Glasröhren können leicht wie Trompeten angeblasen werden und geben die Töne einer gedackten Pfeife. Von diesen sind die höheren, in denen die Differenz $L^2 - \lambda^2$ grofs ist, fest anzugeben, und rein gestimmt, die unteren dagegen nicht ganz unabhängig vom Werthe von L, d. h. der Spannung und Dicke der Lippen, daher unsicher und veränderlich.

2) *Zungen mit kegelförmigem Ansatzrohr ohne Windrohr.* Es findet ein sehr merkwürdiger Unterschied statt zwischen cylindrischen und kegelförmigen Ansatzröhren. Die Luftbewegung im Innern der letztern läfst sich nach denselben Grundsätzen bestimmen, welche ich für die cylindrischen Röhren gebraucht habe, indem man innerhalb des Rohrs das Potential der Luftbewegung setzt gleich

$$\frac{A}{r} \sin 2\pi \frac{(R-r+a)}{\lambda} + \frac{B}{r} \cos 2\pi \frac{(R-r)}{\lambda}$$

worin r der Abstand eines beliebigen Punktes von der Spitze des Kegels ist, R der Werth von r für die weite Mündung der Röhre. Man erhält, wenn man $\frac{B}{A}$ vernachlässigt,

$$\operatorname{tang} \delta = -\frac{\lambda^2}{2\pi Q} \cdot \sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} + \left[\cos \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} + \frac{\lambda}{2\pi r} \sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda}\right]$$

worin r auf den Ort der Zunge zu beziehen ist. Auch hier ist zu setzen

$$\operatorname{cotang} \delta = \operatorname{tang} \varepsilon.$$

Es interessiren uns hier hauptsächlich die von dem Zungen-

ton stark abweichenden Töne der Pfeife, für welche also $L^2 - \lambda^2$ grofs, tang ε daher ebenfalls sehr grofs ist, und tang δ sehr klein. Für diese mufs also entweder nahehin seyn

$$\sin \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} = 0$$

was aber keine Töne giebt, weil hierbei der Druckwechsel in der Tiefe des Ansatzrohrs zu schwach ist, oder

$$\tang \frac{2\pi(l+a)}{\lambda} = -\frac{2\pi r}{\lambda} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Diefs ist die Gleichung für die kräftig ansprechenden höheren Töne der Röhre.

Ich gebe hier folgend die Reihe der aus Gleichung 2 berechneten Töne für eine kegelförmige Röhre aus Zink, welche folgende Maafse hatte:

Länge $l = 122{,}7$ Ctm.
Durchmesser der Oeffnungen 5,5 und 0,7 Ctm.
Reducirte Länge $l + a$, berechnet 124,77 Ctm.

Ton	Wellenlänge berechnet	Länge der entsprechenden offenen Pfeife	Länge der entsprechenden gedackten Pfeife
1) H —	283,61	$= \frac{2}{1} \cdot 141{,}80$	$= \frac{4}{1} \cdot 70{,}90$
2) h —	139,83	$= \frac{2}{2} \cdot 139{,}84$	$= \frac{4}{3} \cdot 104{,}88$
3) fis_1	91,81	$= \frac{2}{3} \cdot 137{,}71$	$= \frac{4}{5} \cdot 114{,}76$
4) h_1 +	67,94	$= \frac{2}{4} \cdot 135{,}88$	$= \frac{4}{7} \cdot 118{,}89$
5) dis_2	53,76	$= \frac{2}{5} \cdot 134{,}39$	$= \frac{4}{9} \cdot 120{,}95$
6) g_2	44,40	$= \frac{2}{6} \cdot 133{,}21$	$= \frac{4}{11} \cdot 122{,}11$
7) b_2 —	37,79	$= \frac{2}{7} \cdot 132{,}26$	$= \frac{4}{13} \cdot 122{,}82$
8) c_3	32,87	$= \frac{2}{8} \cdot 131{,}50$	$= \frac{4}{15} \cdot 123{,}28$
9) dis_3	29,22	$= \frac{2}{9} \cdot 131{,}47$	$= \frac{4}{17} \cdot 124{,}17$

Die Töne vom 2ten bis 9ten konnten beobachtet werden, und fanden sich vollständig übereinstimmend mit der Rechnung. Man sieht aus den beiden letzten Rubriken, dafs die hohen Töne sich fast genau denen einer gedackten Pfeife anschliefsen, deren Länge der reducirten Länge der Röhre 124,7 gleich ist; die tieferen schliefsen sich näher an die

einer offenen Pfeife, deren Länge bis zur Spitze des Kegels reichte. Die reducirte Länge einer solchen wäre $R + a = 142{,}6$ Ctm. Gewöhnlich werden die Töne der Blechinstrumente den Tönen einer offenen Pfeife gleich gesetzt, aber die oberen sind verhältnifsmäfsig zu tief gegen die unteren, in unserem Falle um mehr als einen halben Ton. Bei den Trompeten und Hörnern wird dieser Fehler vielleicht einigermafsen durch den Schallbecher an der Mündung corrigirt. Bei den Posaunen helfen die Auszüge nach.

Während die Trompeten, Posaunen und Hörner zu den Zungenwerken dieser Klasse mit kegelförmigem Rohr und tiefen ausschlagenden Zungen gehören, tragen die Oboen und Fagotte hohe einschlagende Zungen. Sie geben bei der Ueberblasung ebenfalls die höhere Octave und dann die Duodecime, wie eine offene Pfeife. Die Rechnung nach Gleichung 2 stimmt für die Oboe sehr gut mit Zamminer's Messungen.

XIV. *Ueber Fluorescenz der Auszüge aus den verschiedenen Theilen der Pflanzen; von C. B. Greifs.*

Ausgehend von der längst bekannten Erfahrung, dafs man, wenn man die Rinde der Rofskastanien mit Wasser auszieht, eine Flüssigkeit erhält, welche, sobald man durch ein vorgehaltenes Convexglas die aufgefangenen Sonnenstrahlen in dieselbe hineinbringt, einen schönen intensiv blauen Lichtkegel zeigt, unternahm ich es, die Auszüge aus den Rinden anderer Bäume in derselben Hinsicht zu untersuchen. Ich fand mich um so mehr dazu veranlafst, als bekanntlich die Fluorescenz des Rofskastanienrindenauszugs durch den in der Rinde vorkommenden Bitterstoff Aesculin bedingt ist, und als auch in den Rinden einiger anderer Bäume bereits

ähnliche Bitterstoffe nachgewiesen sind, wie z. B. das Quercin in der Rinde der Eiche, das Salicin in der Rinde der Weide u. s. m. Dafs auch die Lösungen dieser Bitterstoffe zu den fluorescirenden Körpern zu rechnen seyn möchten, glaubte ich vermuthen zu dürfen. Zunächst suchte ich die Rinde von jenen Zweigen verschiedener Bäume mit Aether zu extrahiren, erhielt aber jedes Mal, ich mochte die Rinde von einem Baume nehmen, von welchem ich wollte, eine schön grün gefärbte Flüssigkeit, die sich bei der optischen Untersuchung als Chlorophyll-Extrakt durch den schönen blutrothen Lichtkegel documentirte. Da ich vermuthete, dafs das Chlorophyll vorzugsweise von dem Splint der Rinde herrühren dürfte, so suchte ich jede Spur von Splint sorgfältig von der Rinde zu entfernen, und dann zu extrahiren; aber auch jetzt blieb das Resultat dasselbe: eine grüne Flüssigkeit, welche den blutrothen Lichtkegel zeigte. Nun nahm ich Rinde von alten dicken Stämmen, z. B. von einem Platanenbaum, und zwar solche, wie sie dieser Baum als abgestorben selbst absondert, und wiederum bekam ich Blattgrün. In allen diesen Extracten war noch, wenn auch in sehr geringer Menge, eine zweite Flüssigkeit vorhanden, die sich von der übrigen Masse durch ihr specifisches Gewicht und durch ihre Farbe unterschied. Sie war nämlich specifisch schwerer, setzte sich daher an dem Boden des Gefäfses ab, und hatte eine braungelbe, bald dunklere, bald hellere Farbe. Der eingeschlagene Weg hatte nicht zum Ziele geführt, deshalb versuchte ich es jetzt, die Rinden mit Wasser zu extrahiren, wie diefs ja auch immer mit der Rinde von *Aesculus Hippocostanum* geschieht. Schon der erste Versuch, welcher mit der Rinde von jungen Zweigen der Eiche gemacht wurde, hatte den erwarteten Erfolg. Die Flüssigkeit schillerte etwas, und zeigte einen prachtvollen hellgrauen Lichtkegel, als die Sonnenstrahlen durch eine Sammellinse concentrirt wurden. Ich habe nun seitdem Rindenextracte von 21 verschiedenen Bäumen dargestellt, und ohne eine einzige Ausnahme lauter fluorescirende Flüssigkeiten erhalten. Meine Untersuchungen erstreckten sich

bis jetzt auf die Rinde der Eiche, Birke, Buche, Weide, des Ahornbaumes, der Platane, der Akazie, des Hollunders, der Linde, der Pappel, der Esche, der Fichte, der Kiefer, des Tulpenbaumes, der *Paulownia imperialis*, des Kirschen-, Pflaumen-, Mirabellen-, Aprikosen-, Apfel- und Nufsbaumes. Aufser dem Extrakte aus der Eichenrinde schillerte nur noch derjenige der Eschenrinde; es giebt aber auch dieses Extract einen hellblauen Lichtkegel, der an Schönheit und Intensität mit dem Lichtkegel in dem Extracte der Rofskastanienrinde wetteifert. Die Lichtkegel der übrigen Flüssigkeiten zeigen alle eine blaue, blaugraue oder graue Farbe, sind aber sämmtlich in der Nüancirung der Farbe mehr oder weniger von einander verschieden. Die Rindenextracte aller der oben genannten Obstbäume zeigen einen blauen Lichtkegel. Zugleich sind diese Extracte, wenn man sie längere Zeit stehen läfst, auch alle heller oder dunkler gelb, dasjenige des Pflaumbaumes sogar orange gefärbt, während nur dasjenige des Nufsbaumes fast farblos ist. Von den übrigen Extracten stimmt in Beziehung auf die Farbe nur das Extract der Birke, der Buche und der Platane mit den eben erwähnten überein, während die anderen keine entschieden ausgesprochene Farbe zeigen, sondern nur einen Stich in's Grüne, Gelbgrüne, Blaue oder Blaugrüne haben, oder selbst farblos sind. Ob die Farben der Extracte eigenen Farbestoffen angehören, war natürlich nicht zu entscheiden. Jedenfalls aber sind es nicht Farben der fluorescirenden Körper, denn in den Extracten kann man schon die Lichtkegel beobachten, wenn die Flüssigkeiten noch gar keine Färbung angenommen haben. Das Wasser braucht nämlich kaum eine Minute über den Rinden gestanden zu haben, so tritt der Lichtkegel schon auf, und zwar in Beziehung auf Intensität und Farbe am schönsten, während er in beiden Stücken abnimmt, wenn der Aufgufs einige Zeit lang gestanden hat. Auch die Auszüge aus den Rinden einiger Sträucher, z. B. eines Rosenstrauchs, eines Jasminstrauches, eines Stachelbeerstrauches, und eines Syringenstrauches habe ich untersucht, und habe auch hier die blauen oder blaugrauen Lichtkegel erhalten.

Wenn man bedenkt, dafs das Aesculin es ist, dessen wässerige Lösung in dem Extracte der Rofskastanienrinde die Fluorescenz bedingt, so dürften aus den von mir gewonnenen Resultaten wohl die folgenden Schlüsse gezogen werden dürfen: 1) Die Rinde jedes Baumes und jedes Gewächses mit holzartiger Rinde enthält einen ähnlichen Bitterstoff, wie die Rinde der Rofskastanie das Aesculin, oder die Rinde der Eiche das Quercin, oder die Rinde der Weide das Salicin, wenn es auch der Chemie noch nicht gelungen ist, aus den verschiedenen Bäumen diese Stoffe isolirt darzustellen; 2) wahrscheinlich hat jede hieher gehörige Pflanzengattung ihren eigenen, ihr eigenthümlich angehörenden Bitterstoff, und 3) alle diese Bitterstoffe sind in Wasser löslich, und gehören sämmtlich zu den fluorescirenden Körpern. Ehe ich zu den Extracten aus anderen Pflanzentheilen übergehe, sey noch bemerkt, dafs bei dem Auszuge aus der Rinde der Pappel, nachdem er zugekorkt etwa 8 Tage lang gestanden hatte, ein fester, mifsfarbiger, dunkler Körper sich ausgeschieden hat, der sich als specifisch leichter als die Flüssigkeit sich über derselben lagerte, und eine dünne Schicht bildete, welche von solcher Consistenz war, und so grofse Adhäsion zu den Glaswänden zeigte, dafs man das Fläschchen umdrehen konnte, ohne dafs das Gewicht der Flüssigkeit im Stande gewesen wäre, die Schicht zu durchbrechen, oder von den Wänden loszureifsen. Ein Controlversuch mit einer gröfseren Quantität des Auszugs aus der Pappelrinde gab dasselbe Resultat. Nach noch längerer Zeit schieden sich ähnliche Körper auch in dem Auszuge der Buchenrinde und in demjenigen der Aprikosenrinde aus. In allen übrigen Rindenauszügen war von der Ausscheidung eines solchen festen Körpers Nichts zu entdecken.

Nun stellte ich mir zunächst die Frage, ob auch in den Blättern neben dem Chlorophyll jene fluorescirende Körper vorhanden seyen. Ich bereitete mir wässerige Auszüge aus den Blättern der Rofskastanie, der Linde, der Platane, des Rüsterbaumes, des Trompetenbaumes *(Catalpa)*, des Weinstocks und der Blutbuche, sowie aus den Nadeln von *Thuja*

Ohne Ausnahme erhielt ich auch hier bei der Untersuchung auf Fluorescenz ganz ähnliche Lichtkegel wie bei den Rindenextracten. Auf den Blättern mufste aber das Wasser längere Zeit stehen als auf den Rinden, bis der Lichtkegel mit derselben Stärke beobachtet wurde. Von den Blättern der Blutbuche machte ich auch einen Extract mit Aether, um zu sehen, ob nicht etwa neben dem Chlorophyll in demselben noch ein anderer Farbstoff vorhanden sey, durch welchen die rothe Färbung hervorgerufen werde. Das Extract nahm aber eine sehr schöne grüne Farbe an, und documentirte sich durch den blutrothen Lichtkegel als blattgrünhaltig. Die grüne Farbe der Flüssigkeit sowohl, wie die rothe des in derselben entstehenden Lichtkegels waren selbst brillanter, als wenn das Extract aus denjenigen Pflanzen gewonnen worden wäre, welche man gewöhnlich zu diesem Zwecke empfiehlt, wie z. B. aus dem Knöterich. Auch hier hatte sich wieder jene braungelbe, specifisch schwerere, ölartige Flüssigkeit ausgeschieden, und zwar in etwas gröfserer Quantität, als bei den ätherischen Extracten der Rinden.

Waren nun die fluorescirenden Stoffe auch in den Blättern nachgewiesen, so lag es nahe zu sehen, ob sie auch in den Blüthen zu finden seyen. Untersucht habe ich die Blüthenblätter der Rose, der weifsen Lilie, des gefüllten Mohns, der Malve, der Kamille, des Hollunders und einer *Spiraea* (beide letzteren, nachdem sie sorgfältig von allen Blüthenstielen befreit waren). Auch sie wurden mit Wasser extrahirt. Das Resultat war gleich günstig. In allen Fällen erzielte ich die blauen, verschieden nüancirten Lichtkegel. Um nun zu untersuchen, ob auch die Blüthen Chlorophyll enthielten, extrahirte ich die Blüthenblätter einer gefüllten Rose auch mit Aether, welchen ich 7 Stunden lang über denselben stehen liefs. Der Aether nahm nur eine äufserst schwache, aber nicht in's Grünliche, sondern mehr in's Gelbe spielende Färbung an. In demselben war von einem rothen Lichtkegel Nichts zu entdecken, dagegen zeigte sich auch hier ein graublauer Lichtkegel. Chlorophyll ist demnach

in den Blüthen nicht vorhanden, aber wohl sind es unsere Bitterstoffe. Gleichzeitig lehrt dieser Versuch, dafs dieselben auch durch Aether löslich sind, und dafs die Versuche, dieselben durch Aether aus den Rinden auszuziehen, nur deswegen keinen Erfolg hatten, weil das Chlorophyll durch seine Präponderanz wahrscheinlich die Wahrnehmung verhinderte. Auch hier war wieder eine braune, specifisch schwerere ölartige Flüssigkeit extrahirt worden, welche sich zu Boden setzte, und zwar in einer Quantität, die, wenn man bedenkt, dafs zum Extract nur die Blätter einer einzigen Rose gedient hatten, in Erstaunen setzte. Durch die grofse Menge derselben wurde meine anfangs gehegte Vermuthung, die Flüssigkeit möchte Gerbsäure seyn, die bekanntlich bei Anwendung von wasserhaltigem Aether ausgeschieden werden kann, wieder schwankend, da wohl nicht anzunehmen ist, dafs in einer einzigen Rose die Gerbsäure in solcher Menge vorhanden sey.

Endlich wandte ich meine Aufmerksamkeit dem Holze und den krautartigen Stengeln zu. Zu diesem Behufe wurde das Holz von den Zweigen der Linde, der Esche, eines Syringenbusches, eines Stachelbeerstrauches und von den Zweigen einer Thuja, sowie der krautartige Stengel des Mohns, der Kamille und der Malve mit Wasser ausgezogen. Die 7 ersteren Flüssigkeiten zeigten einen schönen blauen Lichtkegel, während der Lichtkegel der letzten Flüssigkeit in's Violette spielte. Nun nahm ich auch noch Holz von dem Stamme einer Buche, das gespalten schon längere Zeit zum Trocknen an der Luft gelegen hatte, und Zimmerspäne von Tannenholz. Aber auch hier erhielt ich die blauen Lichtkegel. Da in der Rinde Chlorophyll nachgewiesen war, so wollte ich auch feststellen, ob dasselbe ebenso im Holz vorhanden sey. Es wurde daher von dem erwähnten Buchenholz ein Theil auch mit Aether extrahirt, allein das Extract war farblos, und zeigte nur einen blaugrauen Lichtkegel. Indefs hätte doch vielleicht in dem Holze des lebenden Baumes Chlorophyll seyn können. Deshalb nahm ich auch noch junges Holz von den Zweigen einer Vogelkirsche

unmittelbar von dem Baume, und befreite es sorgfältig von aller Rinde sammt dem Splint. Das Aetherextract hatte zwar eine grünliche Farbe, aber dennoch zeigte es keinen rothen, sondern nur einen graublauen Lichtkegel. In dem Holze ist also ebensowenig Chlorophyll, wie in den Blüthen, und dasselbe scheint auf die Rinden und Blätter beschränkt zu seyn, während die Stoffe, mit welchen wir es hier zu thun haben, in allen Theilen der Pflanze verbreitet sind. Auch gaben die zwei letzten Versuche eine Bestätigung dafür, dafs unsere Stoffe auch durch Aether extrahirt werden können, wenn nicht gleichzeitig Chlorophyll vorhanden ist.

XV. *Blitze ohne Donner; von Dr. J. Schneider.*

Unter den Blitzen ohne Donner ist, aufser den bekannten, von einem entfernten Gewitter herrührenden Reflexblitzen, auch das längere Zeit hindurch bezweifelte Vorkommen von lautlosen Blitzen bei völlig heiterem Himmel durch neuere Beobachtungen hinreichend bestätigt [1]), dagegen ist das Auftreten von wirklichen Zickzackblitzen ohne Donner bis jetzt nur in einigen wenigen Beispielen bekannt und zu dem völlig unerklärt geblieben, daher die nachstehende Beobachtung eine besondere Beachtung und nähere Erörterung zu verdienen scheint.

Am 6. Juli dieses Jahres Abends um 9 Uhr zog am westlichen Horizonte von Düsseldorf ein Gewitter herauf, wobei sich der Himmel bis etwa 50° Zenithdistanz mit einer ziemlich gleichmäfsigen Wolkenschicht bezog, in welcher sich an verschiedenen Stellen von Zeit zu Zeit ein plötzliches Aufleuchten ohne Donner zeigte. Da ich mich über-

1) Ueber den von mir beobachteten Fall siehe diese Annalen Bd. 98, S. 324 ff.

zeugen konnte, dafs es keine Reflexblitze waren, so glaubte ich die bekannte Erscheinung von Flächenblitzen wahrzunehmen, und würde denselben keine weitere Beachtung geschenkt haben, wenn ich nicht zufällig an einer weniger dichten Stelle jener Wolkenschicht, und zwar jenseits derselben, einen deutlichen Zickzackblitz gesehen hätte, dem auch nicht die leiseste Spur eines Donners nachfolgte. Mit gespannter Aufmerksamkeit beobachtete ich nun bis gegen 10 Uhr unter dem vielmals wiederholten Aufleuchten noch einige, bald mehr bald weniger deutliche, geräuschlose Zickzackblitze oberhalb der Wolkenschicht, wobei sich während der ganzen Zeit nur zweimal ein dem Blitz ziemlich rasch folgendes aber sehr entfernt klingendes schwaches Donnergeroll wahrnehmen liefs. Erst nachdem das Blitzen aufgehört, begann ein sanfter Regen zu fallen, der jedoch nach einigen Minuten wiederum nachliefs; das Gewitter hatte sich verzogen.

Man hat sich in den früher beobachteten ähnlichen Fällen vergebens nach der Ursache der Erscheinung gefragt, indem ein förmlicher Zickzackblitz ohne erfolgende Wellenbewegung der Luft nicht wohl denkbar ist; für den vorliegenden Fall scheint sich aber die Erklärung aus den begleitenden Umständen mit hinreichender Sicherheit zu ergeben. Zunächst ist zu beachten, dafs die Zickzackblitze sämmtlich oberhalb der Wolkenschicht, und nicht, wie gewöhnlich bei den von Donner begleitenden Blitzen, zwischen oder unterhalb derselben, beobachtet wurden, demnach der Schall und so mehr theilweise nach Oben reflectirt werden mufste, als die Wolkenmasse auf eine weite Strecke ein zusammenhängendes Ganze bildeten, und so selbst der reflectirte Schall nicht nach Unten gelangen konnte. Dann aber und vorzüglich fanden die Entladungen in ungewöhnlicher Höhe statt, wo die Stärke des Schalles durch die Verdünnung der Luft bedeutend verändert wurde, womit auch der Umstand im Einklange steht, dafs der in zwei Fällen hörbare Donner, obschon er dem Blitze ziemlich rasch folgte, dennoch nur sehr schwach und wie aus grofser Entfernung klang, was auf

eine Verdünnung der Luft am Orte seiner Entstehung schliefsen läfst [2]). Ich zweifle ferner nicht, dafs auch die andern Blitze, die sich bei diesem Gewitter als ein allgemeines Aufleuchten in den Wolken kund gaben, keine wirklichen Flächen-, sondern eben solche Zickzackblitze oberhalb der Wolkenschicht waren, die nur deswegen nicht in ihrer eigenthümlichen Form wahrgenommen wurden, weil sie von den darunter befindlichen Wolkenmassen verdeckt waren. Ich habe seither noch bei zwei Gewittern, im August und September dieses Jahres, solche lautlose Blitze die nur eine allgemeine Erleuchtung der Wolken bildeten und keine Reflexblitze waren, wahrgenommen, ohne dafs jedoch die Zickzackblitze (ohne Zweifel weil die verdeckende Wolkenschicht zu dicht war) bemerkt werden konnten. Man würde diese Blitze ohne Weiteres für Flächenblitze gehalten haben, und mir scheint es, dafs mindestens ein grofser Theil der mit diesem Namen bezeichneten Erscheinungen nichts Anderes ist, als solche durch mehr oder minder dichte Wolken gesehene, in Zickzackform stattgehabte Entladungen, deren Donner aus den oben angeführten Ursachen nicht bis zum Ohre des Beobachters dringen kann. Durch fortgesetzte genaue Beobachtungen wird daher eine schärfere Charakterisirung der Flächenblitze zu erlangen, und zunächst ihr Vorhandenseyn und ihre Unterscheidung von dem gewöhnlichen Zickzackblitz mit gröfserer Sicherheit festzustellen seyn.

Düsseldorf 1861.

1) Der Schall machte ganz den Eindruck, wie ein tönender Körper im luftverdünnten Raume der Luftpumpe; auch erinnerte mich derselbe lebhaft an das sehr entfernt klingende donnerähnliche Gepolter einiger aus der Nähe beobachteter, aber aus einer Höhe von 12000 Fufs herabstürzender Lavinen in den Schweizeralpen.

XVI. *Stickstoff in Meteoreisen.*

Veranlafst, durch die neuern lebhaften Verhandlungen zwischen den pariser Chemikern über etwaigen Stickstoffgehalt des Eisens und des Stahls ist Hr. Boussingault auf den Gedanken gerathen, auch das Meteoreisen auf einen solchen Gehalt zu prüfen. Er hat dazu das Meteoreisen von Lenarto gewählt. Er sägte ein 3 Grm. schweres Stück davon ab, und löste es in Chlorwasserstoffsäure, nachdem er es durch Kochen mit Aether und Wasser von allen durch die Manipulation etwa erlangten Fettigkeiten befreit hatte. Diese Lösung wurde nun mit gelöschtem Kalk vermischt, der Destillation unterworfen und das Destillat mit verdünnter Schwefelsäure von bekanntem Säuregehalt gesätttigt [1]). Auf diese Weise will er in *einem* Theil des Meteoreisens 0,00011 Ammoniak gefunden haben. Kruppscher Gufsstahl ebenso behandelt, gab ihm 0,00022 Ammoniak. *(Compt. rend. T. III, p. 77).*

1) Ein anderes, hier aber nicht angewandtes Verfahren, des Hrn. Boussingault zur Ermittlung eines Stickstoffgehalts in Eisen und Stahl, besteht darin, dafs er das Metall in Dampf von Schwefelquecksilber verbrennt; der Stickstoff wird dabei in Gasform erhalten (*Compt. rend. T III, p.* 5).

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

1861. ANNALEN №. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXIV.

I. *Ueber die Beschaffenheit des Filtrats bei Filtration von Gummi-, Eiweifs-, Kochsalz-, Harnstoff- und Salpeterlösungen durch thierische Membran;*

von Dr. Wilibald Schmidt,
Gymnasiallehrer zu Plauen im Voigtlande.

Die vorliegende Abhandlung enthält eine Fortsetzung meiner im XCIX Bande dieser Annalen veröffentlichten Untersuchungen über Filtration. Während ich dort mit Ausnahme einiger auf wenig genauen Versuchen fufsenden Bemerkungen mich auf Bestimmung der Filtrationsgeschwindigkeit verschiedener Flüssigkeiten beschränkte, soll gegenwärtige Arbeit die Unterschiede zwischen der ursprünglich zur Filtration verwendeten Lösung und dem Filtrate hinsichtlich ihrer Concentrationsgrade behandeln.

Bisher existiren über diesen Gegenstand nur sehr wenige Experimentaluntersuchungen. In der neuen Auflage von Ludwig's Lehrbuch der Physiologie (1858—1861) II p. 205 ff. wird der Arbeiten von Valentin (nach seinem Lehrb. der Physiol. 2. Aufl. I p. 59) und von Wittich (Virchow's Arch. X, 337) gedacht. Valentin findet, wie man ausführlicher aus seinem Repert. für Anat. u. Physiol. VIII, p. 69 ff. ersieht, dafs bei Filtration von Kochsalzlösung durch Pleura vom Pferde das Filtrat das specifische Gewicht 1,1519 hat, während der Rückstand auf dem Filtrum das specifische Gewicht 1,1528 besitzt; durch Eindampfen gewogener Lösungsmengen findet er den Procentgehalt des Filtrats 20,000, des Filtrumrückstandes 20,023; wenn Valentin zur Bekräftigung der Uebereinstimmung

beider Angaben die Proportion 20,000 : 20,023 = 1,1519 : 1,1532 anführt, so dafs 1,1532 statt des beobachteten 1,1528 mit einem Fehler von nur 0,0004 gefunden wurde, so beruht diese controlirende Rechnung auf der falschen Voraussetzung, dafs sich die Procentgehalte wie die specifischen Gewichte verhalten müfsten; aus meinen Tabellen finde ich für das specifische Gewicht 1,1519 den Kochsalzgehalt 20,0801, für das specifische Gewicht 1,1528 den Kochsalzgehalt 20,1917, also die Differenz beider Concentrationen 0,112 statt des von Valentin gegebenen Werthes 0,023. Ferner filtrirt Valentin durch eine gleiche Membran mit Wasser verdünntes Hühnereiweifs und findet das specifische Gewicht des auf dem Filtrum gebliebenen Rückstandes 1,0272, das des Filtrats 1,0225; ferner Serum von Rindsblut und findet das specifische Gewicht des Filtrumrückstandes 1,0231, das des Filtrats 1,0044; hier giebt er auch das specifische Gewicht der ursprünglichen Flüssigkeit als 1,0224 beobachtet an (also um 0,0007 geringer als das des Rückstandes), während er es (auf eine nicht einmal ganz correcte Weise) aus den gewogenen Mengen des Rückstandes und des Filtrats und deren specifischen Gewichten auf 1,0230 (also um 0,0001 geringer als des Rückstandes) berechnet, was er besonders als eine sehr gute Uebereinstimmung hervorhebt. Endlich filtrirt Valentin Serum von Rindsblut, welches durch zweimaliges anhaltendes Kochen und Filtriren durch Papier von Eiweifs zum gröfsten Theil befreit war, und findet für den Filtrumrückstand das specifische Gewicht 1,0097 und durch Eindampfen den Gehalt an fester Substanz 1,783 Proc., für das Filtrat das specifische Gewicht 1,0083 und den Gehalt an fester Substanz 1,485. Hieraus schliefst Valentin, dafs eine wahre chemische Auflösung unverändert durch thierische Häute gehe, dafs dagegen eine mechanische Mischung als solche dadurch diagnosticirt werden könne, dafs sie beim Durchgange durch thierische Haut ihren Dichtigkeitszustand ändere. Ueber die Gröfse des angewendeten Druckes ist nichts angegeben, abgesehen von der Bemerkung, dafs durch eine doppelte

Pleuraschicht von obiger Eiweifslösung bei einem Drucke von 5 Centimeter der Lösung innerhalb 8 Tagen nicht ein Tropfen durchging; also scheint bei den übrigen Versuchen der Druck wenigstens nicht höher gewesen zu seyn. Nicht ganz zweckmäfsig erscheint mir noch in Valentin's Versuchen, dafs, wie aus der Beschreibung hervorgeht, die Flüssigkeit während der ganzen Versuchsdauer ruhig blieb, da doch bei der Filtration von Eiweifslösungen gewifs die der Membran nächsten Schichten sehr bald specifisch schwerer werden mufsten und sich diese Concentrationsunterschiede gegen die höheren Schichten nicht schnell genug ausgleichen können, um ohne Einflufs auf die Concentration des Filtrats zu bleiben.

Wittich erklärt sich in seiner Abhandlung (Virchow's Archiv X) gegen eine Scheidung der Stoffe durch den Procefs der Filtration. Er sagt pag. 337: »Experimentell wird die Frage, ob wir in der Filtration durch thierische Scheidewände ein Scheidungsmittel besitzen, ob daher dasselbe im Stande seyn dürfte nur einen Theil der Lösung durchzulassen, nie ganz entschieden werden, da es nur schwer seyn dürfte Membranen von möglichster Einfachheit in Gebrauch zu ziehen. Die bisherigen Versuche gaben durchweg negirende Resultate; immer zeigte sich die abfliefsende Masse von gleicher Zusammensetzung wie vor der Filtration.« Nach seinen theils mit Amnion theils mit der glashellen Membran des Auges angestellten Experimenten sagt er ferner p. 338: »In allen Fällen wiesen die ersten durchtretenden Tropfen, die mit einer darüber gehaltenen Glasplatte abgehoben wurden, bereits sehr entschieden auf Eiweifs. An eine quantitative Bestimmung konnte ich natürlich bei der geringen Menge und der geringen Filtrationsfläche nicht denken, allein das qualitative Verhalten des Filtrats macht es mehr als wahrscheinlich, dafs die beiden geschiedenen Flüssigkeiten von gleicher qualitativer Zusammensetzung bleiben.«

Aufserdem sind mir noch die Abhandlungen von Hoppe, über seröse Transsudate (Virchow's Archiv p. 245), von

Heynsius, zur Theorie der Harnsecretion (Donders und Berlin Archiv f. holländ. Beitr. I p. 284) und von Funke, über das endosmotische Verhalten der Pextone (Virchow's Archiv XIII p. 449) bekannt geworden.

Hoppe theilt in seiner Abhandlung p. 260 ff. drei Versuche über den fraglichen Gegenstand mit. Er befestigte die beiden Enden des Ureters an eine weite und enge Glasröhre, trieb durch den so gebildeten trichterförmigen Kanal mittelst einer kleinen Pumpe Blutserum hindurch, sammelte das dabei austretende künstliche Transsudat und untersuchte ursprüngliches Serum und Transsudat durch Abdampfen und Trocknen bei 120°, schliefslich durch Glühen. Er fand

	an festen Bestandth. im Serum,	im Transsud.,	Salzgehalt im Serum,	im Transsud.
1.	53,55 p. M.	41,4 p. M.	?	?
		33,0		
2.	61,5	49,7	?	?
3.	62,00	48,71	6,27	7,05
		47,85		6,33

Eine Angabe über die Gröfse des angewendeten Druckes findet sich nicht Zur Erklärung der hieraus hervorgehenden Thatsache des relativ geringeren Eiweifsgehaltes der Transsudate bei ziemlich gleichem Salzgehalte neigt sich Hoppe zu der Ansicht, dafs das Eiweifs nicht gelöst, sondern nur fein vertheilt im Serum sey, dafs die Albumintheilchen sich in den Capillarräumen aufstauen und nur theilweise hindurchgedrängt werden, während mehr Wasser hindurchgehe.

Heynsius überspannte Glasröhren in der Weite von 16 bis 20 Millim. mit Amnion, füllte Blutserum bis zur Druckhöhe von 10, 20, 40, 60, 80, 100 Centim. auf, tauchte das mit der Membran verschlossene Ende der Röhre entweder in 100 Cubikcentim. reines Wasser oder in 100 Cubikcentim. mit Essigsäure angesäuertes Wasser und bestimmte die Menge der übergegangenen festen Substanz. Dabei verfährt er so, dafs er immer mit zwei Röhren gleich-

zeitig arbeitet, von denen die eine in reines, die andere in angesäuertes Wasser taucht und welche nachher zu einem nachfolgenden Versuche in dieser Beziehung verwechselt werden. Aus je zwei in gleichen Zeiten übergegangenen Mengen findet er und controlirt er nachher durch den Versuch mit vertauschten Röhren, dafs die Essigsäure die Filtration von Eiweifs erschwert, wahrscheinlich weil sie das Eiweifs in unlöslichen Zustand überführe. Bei jedem veränderten Drucke benutzt er eine neue Membran, giebt auch keine Versuchsdauer an, so dafs die Versuche abgesehen von der genannten Thatsache nicht vergleichbar sind. Bei einigen Versuchen bestimmt er noch die Veränderungen des Volumens des Serums in den Röhren durch die Höhe der Flüssigkeitssäule bis auf ein Millimeter und leitet hieraus und aus der Menge der übergetretenen festen Substanz auf eine freilich, wie hieraus hervorgeht, wenig genaue Weise die Concentration der übergegangenen Flüssigkeit ab, die er gröfser findet als die der ursprünglichen Lösung. Ich habe diese Abhandlung von Heynsius nur der Vollständigkeit wegen mit herbeigezogen, obwohl sie mit meinen Versuchen nur in entfernterem Zusammenhang steht, indem bei Heynsius neben der Filtration offenbar gleichzeitig ein endosmotischer Procefs nebenher geht, während ich die eine Filtration ohne Bespülung der vom Druck abgewendeten Hautfläche zu beobachten beabsichtigte.

Endlich finde ich noch einen Filtrationsversuch, der sich mit der Qualität des Filtrats beschäftigt, in der citirten Abhandlung von Funke. Nach einem daselbst p. 456 mitgetheilten Versuche erwiefs sich von einer Eiweifslösung von 4,792 Proc. das Filtrat mit 2,694, also fast nur halb so concentrirt, von einer Pextonlösung von 4,505 Proc. dagegen das Filtrat mit 4,718 Proc., also etwas concentrirter (wie er sagt wahrscheinlich in Folge der Verdunstung). Das Verfahren beschreibt Funke so, dafs er zwei gleiche Probirgläschen bis zu gleicher Höhe mit jenen Lösungen füllte, an den Mündungen mit Membran (wahrscheinlich Schweinsblase) überspannte, sie die Mündung nach unten in einem

Drahtgitter über Bechergläschen unter dem Recipienten der Luftpumpe aufhängte und die Luft auspumpte, bis ihr Druck auf 1 Zoll 2 Linien gefallen war. Nach einer Stunde waren 0,9018 Gr. Eiweifslösung und 1,8991 Gr. Pextonlösung von obigen Concentrationen filtrirt. Eine Erklärung dieser Erscheinungen findet Funke in der Vorstellung, welche wie wir gesehen, ähnlich schon bei Valentin und Hoppe auftritt, dafs Pexton wahre Lösungen gebe, während ursprüngliche Eiweifslösung nur in suspendirten aufgequollenen Albuminattheilchen bestehe. Er sagt: »Unterscheidet sich, wie ich voraussetze, das Pexton von dem ursprünglichen Albuminat dadurch, dafs es wahre Lösungen giebt und in dieser Lösung leichter die Poren von Membranen durchdringt, als die aus suspendirten aufgequollenen Albuminattheilchen, so mufste unter gleichen Bedingungen von einer Pextonlösung mehr in gleicher Zeit durch eine Membran filtriren als von einer gleichgesättigten Eiweifslösung und das Pextonfiltrat keine geringere Concentration besitzen, als die ursprüngliche Lösung.« In seinem Lehrbuche der Physiologie 3. Aufl. I. p. 282 und ähnlich p. 329 spricht sich Funke über diesen Gedanken mit folgenden Worten aus: »Es hat sich in neuerer Zeit mehr und mehr die Anschauung befestigt, dafs kein einziger Eiweifskörper im Wasser wirklich löslich ist, auch die sogenannten löslichen Modifikationen im Wasser nur aufquellen und sich fein vertheilen, nicht aber sich wirklich lösen; die Pextone dagegen bilden unzweifelhaft wahre Lösungen.« Ich habe nicht unterlassen wollen, die Worte des von mir sehr hochgeschätzten Verfassers selbst anzuführen, weil ich fürchtete, durch ein anderes Referat seiner Ideen die Schuld etwaiger Unverständlichkeit auf mich zu laden. Ich mufs nämlich gestehen, dafs mir der Sinn derselben unklar ist. Meines Wissens vermag man von Auflösungen bisher keine andere Definition aufzustellen, als dafs sie eine derartige Verbindung eines Stoffes mit einem Lösungsmittel sind, dafs beide für unsere auch noch so gut bewaffneten Sinne eine homogene Masse bilden, jedoch im Uebrigen jeder Bestandtheil

nur sehr geringe Veränderungen seiner Eigenschaften zeigt, die Verbindung nicht nach feststehender Proportion erfolgt und der eine Bestandtheil durch Verdampfung des Lösungsmittels sich unverändert wieder herstellt. Unterscheiden sich die Auflösungen hergebrachter Annahme nach durch die drei letzten Punkte von chemischen Verbindungen, so ist es der erste, welcher sie nicht als bloſse mechanische feine Vertheilung eines Stoffes im Lösungsmittel ansehen läſst. Nun bildet aber Eiweiſs mit Wasser eine homogene Masse. Nach tagelangem Stehen einer abfiltrirten Lösung in einer hohen Flüssigkeitssäule enthalten gleiche Volumina der oberen und unteren Schichten gleichviel Eiweiſs. Welchen Gegensatz sollen also Eiweiſslösungen (oder Gummilösungen) zu einer »wahren Lösung« bilden? Sollen die aufgequollenen Eiweiſstheilchen noch von Eiweiſs-freien Wassertheilchen umgeben seyn, wie aus dem Ausdrucke »fein vertheilt« im Lehrbuch hervorzugehen scheint, so müſsten sie durch ihr specifisches Gewicht untersinken; soll die ganze Lösung aus suspendirten (?) aufgequollnen Eiweiſstheilchen bestehen ohne zwischenliegende reine Wassertheilchen, wie die Worte in der Abhandlung zu sagen scheinen, so ist das Eiweiſs eine wahre Lösung. Was Funke's Versuchsmethode anbelangt, so scheint sie mir, wenigstens für eine exacte Vergleichbarkeit verschiedner Versuche in dem bereits zu Valentin's Abhandlung bemerkten Umstande mangelhaft, daſs die Flüssigkeit während der ganzen Versuchsdauer ruht und also die der Membran nächsten Schichten merklichen Concentrationsveränderungen ausgesetzt sind.

Hiermit habe ich alles erschöpft, was mir an Literatur über den fraglichen Gegenstand bekannt geworden ist, und hoffe, wie es sich bei Behandlung eines noch nicht stark bearbeiteten Gebietes ziemt, nichts wesentliches übersehen zu haben. Zugleich aber dürfte darin der Nachweis liegen, daſs noch viel zu thun übrig ist, indem namentlich noch durchaus nicht vergleichende Versuche darüber existiren, wie die Differenz zwischen dem Gehalte des Filtrats und

der filtrirenden Lösung von den den Versuch begleitenden mathematisch bestimmbaren Umständen abhängig ist; und doch bin ich der Meinung, daſs diese Frage nicht allein für die Vorgänge im Organismus von höchstem Interesse ist, sondern daſs ihre Beantwortung auch einzig den Anhalt bietet, um überhaupt eine Theorie über den Filtrationsproceſs aufzustellen.

Um nun zur Beschreibung meiner Versuchsmethode überzugehen, so hatte ich bei meinen früheren Versuchen über Filtrationsgeschwindigkeit (diese Annalen XCIX) die Membran über eine an zwei diametral gegenüberstehenden Punkten durchbohrte Metallplatte gespannt, welche nach der entgegengesetzten Seite mit zwei von den Durchbohrungen ausgehenden Röhrenansätzen versehen war. Aus einem in beliebiger Höhe aufgestellten Mariotteschen Gefäſs leitete ich durch einen Kautschuckschlauch die Flüssigkeit nach der Membran und von da durch einen zweiten Schlauch bis zu einer um ein sehr geringes tieferen Höhe wieder ab. Dieſs hatte den Vortheil, daſs ich beliebig lange und in späteren Versuchen jederzeit wieder genau mit derselben Druckhöhe arbeiten konnte. Ob aber mit dem Abflieſsen der Flüssigkeit durch den zweiten Schlauch der Zweck erreicht wurde, die Flüssigkeit über der Membran vollständig bei gleicher Concentration zu erhalten, ist mir sehr zweifelhaft. Andrerseits war die filtrirte Flüssigkeit nicht völlig gegen Verdunstung zu sichern, wenn auch die in der kurzen Versuchszeit verdunstete Menge nicht eben Centigramme betrug. Meinen damaligen Versuchen über Filtrationsgeschwindigkeit des Wassers und von Salzlösungen thaten diesen beiden Fehlerquellen keinen Eintrag: die erste nicht, weil, wie ich dort nachgewiesen habe, Salzlösungen fast mit unverändertem specifischen Gewicht filtriren, also auch der Rückstand über der Membran sich nicht merklich verändert; die zweite nicht, weil der Fehler von 1 Centigramm in der Menge des Filtrats immer verschwindend klein war. Dagegen hat meine damalige Bemerkung p. 331 über die abweichenden Concentrationen des Filtrats bei Gummilö-

sungen und Eiweifslösungen wegen der Mangelhaftigkeit der Versuchsmethode keinen Werth. Da nun gegenwärtig die Abhängigkeit der Concentration des Filtrats von der der oberen Flüssigkeit die Hauptfrage für mich bildete, so waren jene beiden Fehlerquellen gerade die schädlichsten. Daher änderte ich die Versuchsmethode folgendermafsen ab:

Auf den Teller einer Luftpumpe (Fig. 11 Taf. I, Maafsstab $\frac{1}{7}$) setzte ich als Recipient einen Glascylinder, 5 Millm. stark in der Wand, von 137 Millm. Durchmesser im Lichten, und 85 Millm. hoch; auf denselben legte ich eine starke ebengeschliffne Messingplatte; diese war durch eine kreisförmige Oeffnung von 73 Millm. Durchmesser durchbrochen und daselbst ein in den ersten Glascylinder hineinragender kleinerer Glascylinder von 67 Millm. Durchmesser im Lichten und 36 Millm. Tiefe eingekittet. Ueber den etwas ausgeschweiften unteren Rand des letzteren wurde die Membran gespannt, welche also 84 Millm. Durchmesser hatte. In den inneren Cylinder wurde die Flüssigkeit gegossen, deren Filtration beobachtet werden sollte und darauf die Luft im Recipienten verdünnt. Der überwiegende äufsere Luftdruck trieb dann die Flüssigkeit durch die Membran und das Filtrat wurde in einem untergestellten Gefäfs gesammelt. Die Messingplatte hatte noch nach oben einen Röhrenansatz, durch welchen mittelst eines Kautschuckschlauchs der Raum des Recipienten mit einem Quecksilber ansaugenden Manometer verbunden und somit der Druck, unter welchem die Filtration erfolgte, gemessen wurde. Der Apparat schlofs so luftdicht, dafs das Quecksilber nur 5 Millm. weit um den beabsichtigten Stand schwankte; nach je einer halben oder ganzen Stunde stellte ich durch eine geringe Bewegung des Kolbens den anfänglichen Manometerstand wieder her. Dafs solchergestalt die zu filtrirende Lösung offen und bis zur Membran zugänglich war, hatte den grofsen Vortheil, dafs es dadurch gestattet war, sie häufig (mit einem Thermometer) umzurühren, wodurch die durch die Filtration veränderten unteren Schichten sich gegen die oberen in ihrem Gehalte ausgleichen sollten, und

wobei immer die Temperatur der Lösung bemerkt wurde. Auch ist die Verdunstung des Filtrats dadurch, dafs es sich in einem luftdicht verschlossenen Raume befand, fast völlig ausgeschlossen, wenn nur die Wände des Apparats mit der Luft und der Flüssigkeit gleiche Temperatur hatten. Denn der ganze innere Raum des Recipienten betrug 1058 Cubikcentim.; füllt sich nun dieser mit Wasserdampf bis zu dem Dichtigkeitsmaximum, so beträgt dieser bei 15° 0,0133 Gr. Nimmt man nun an, dafs die Zimmerluft nur 60 Proc. des zur Sättigung nöthigen Wasserdampfes enthalten habe und die übrige Wasserquantität aus dem Filtrat bezogen worden sey, so beträgt dieser Wasserverlust 0,0053 Gr. und bei 12 Gr. des Filtrats von *p* Proc. entsteht dadurch ein Fehler von 0,0004 *p*, d. h. der Procentgehalt des Filtrats und folglich auch das Verhältnifs desselben zu dem Procentgehalt der oberen Lösung ist um 0,0004 seines wahren Werthes zu grofs gefunden worden.

Als Membran diente durchgängig der Herzbeutel vom Rind. Da ich solchen nicht täglich frisch haben konnte und meine sonstigen Beschäftigungen mir nicht, wenn ich ihn erhielt, immer einen augenblicklichen Gebrauch erlaubten, so bewahrte ich ihn mehrmals erst eine Zeit lang in Weingeist auf, wässerte ihn sodann, überspannte ihn, liefs ihn so trocknen und weichte ihn 24 Stunden lang vor dem Filtrationsversuch in der zunächst zu gebrauchenden Lösung auf. Während der Dauer einer ganzen Reihe von Versuchen, welche verglichen werden sollten, jedoch wurde die Membran fortwährend feucht erhalten. Diese Art der Behandlung ist jedesmal verstanden, wenn es später in der Anführung meiner Versuche heifst: »Herzbeutel nicht frisch«. Wo dagegen gesagt ist »Herzbeutel frisch«, da ist die Membran in feuchtem Zustande, wie sie aus dem Thiere genommen, geblieben, nach hinreichender Wässerung überspannt, ohne zu trocknen 12 bis 24 Stunden lang von der zu gebrauchenden Lösung umgeben worden und dann sofort der Versuch begonnen worden. Zwischen je zwei Versuchen, in welchen verschiedne Lösungen filtrirt werden sollten,

sorgte ich immer dafür, dafs die Membran zuvor gemäfs der neuen Lösung mit Flüssigkeit durchdrungen wurde; entweder umgab ich beiderseits die Haut mehrere Stunden lang mit der neuen Lösung, oder ich filtrirte eine hinreichende Zeit lang (etwa 20 Minuten) die künftig zu brauchende Lösung, nahm den Apparat nochmals auseinander und entfernte das bisherige Filtrat ohne es zur Untersuchung zu sammeln.

Der Gehalt der oberen Lösung wurde für den Augenblick, wo nun der wirkliche Versuch begann, und (mit Ausnahme der ersten Reihe) für das Ende des Versuchs bestimmt. Allerdings war die obere Lösung, weil sie zwecks des Umrührens offen blieb, der Verdunstung ausgesetzt. Allein da sie sich ohnehin durch den Gang der Filtration im Allgemeinen änderte und ich eben aus jenen beiden Bestimmungen den mittleren Zustand derselben erfuhr, so that diefs der Untersuchung keinen Eintrag. Eine Controle hatte ich dadurch, dafs ich immer die Menge des Filtrats und der zum Versuch verwendeten oberen Lösung (oder des Rückstandes) abwog. Es fand sich in der Regel ein Wasserverlust aus der oberen Lösung von 1 bis 2 Centigramm.

Zur Untersuchung des Gehaltes der oberen (ursprünglichen) Lösung und des Filtrats bediente ich mich überall, wo nur *ein* Stoff in destillirtem Wasser gelöst war, der specifischen Gewichtsbestimmungen. Dieselben führte ich nach der in meiner Abhandlung: »über die Ausdehnung durch die Temperatur etc.« (diese Annal. CVII p. 244) beschriebnen Methode aus: Ich wägte einen Glaskörper erst in Luft von bestimmter Temperatur und Barometerdruck, dann in Wasser von bestimmter Temperatur; aus mehreren solchen Versuchen fand ich das Volumen des Glaskörpers, berechnete hierauf seinen jedesmaligen Gewichtsverlust in Wasser von beliebiger anderer Temperatur, stellte diese Gewichtsverluste tabellarisch von 0,1 zu 0,1° zusammen; endlich suchte ich seinen Gewichtsverlust in der fraglichen Lösung bei gemessner Temperatur und berechnete daraus das

specifische Gewicht der Lösung bei der beobachteten Temperatur im Vergleich zum specifischen Gewicht des Wassers bei der gleichen Temperatur als Einheit. Daneben hatte ich mir aus vorgängigen Versuchen für alle zu gebrauchenden Stoffe Tabellen entworfen, welche mir gestatteten aus dem specifischen Gewicht der Lösung ihren Procentgehalt zu berechnen. Für Kochsalzlösungen und Salpeterlösungen dienten mir hierzu die bereits eigens in dieser Absicht gefertigten und in meiner vorhin angeführten Abhandlung (dies. Ann. CVII) mitgetheilten Tabellen. Hier folgen die analogen Tabellen für Gummi-, Harnstoff-, Eiweifslösungen. Die specifischen Gewichtsbestimmungen, aus welchen dieselben abgeleitet wurden, sind mit dem in der mehrfach erwähnten Abhandlung beschriebnen Glaskörper von 24,9373 Cubikcentim. ausgeführt, bei welchem, wie dort angegeben, die Gränze des wahrscheinlichen Fehlers in den specifischen Gewichtsbestimmungen 0,00003 war. Im Laufe der Filtrationsversuche selbst bediente ich mich eines Glaskörpers von 10,5790 Cubikcentim.; die Gränze des wahrscheinlichen Fehlers in den specifischen Gewichtsbestimmungen war dabei 0,00006; doch zeigten sich bei wiederholten Bestimmungen derselben Flüssigkeit immer nur Differenzen von 0,00001 bis höchstens 0,00002. Zum Gebrauch dieses kleineren Glaskörpers waren etwa nur 10 Gr. Flüssigkeit erforderlich, daher ich jeden Filtrationsversuch solange andauern liefs, bis circa 12 Gr. filtrirt waren.

In nachstehenden Tabellen verstehe ich den Procentgehalt p immer so, dafs in 100 Gr. der Lösung p Gr. fester Substanz sich befinden.

I. Tabelle für die specifischen Gewichte und Procentgehalte von Gummilösungen.

Ich bereitete mir 5 Normallösungen aus Gummi arabicum (mit dieser Modification des Gummi experimentirte ich später ausschliefslich) und destillirtem Wasser von dem Procentgehalte p, welche bei je zwei verschiedenen Temperaturen t die specifischen Gewichte s hatten, das des

Wassers von der gleichen Temperatur = 1 gesetzt. Hieraus ergab sich die Gröſse *e*, um welche sich auf je 1° die Gummilösung stärker ausdehnt als das Wasser. Diese Erscheinung ist ganz analog der bei Kochsalz- und Salpeterlösungen, nur daſs bei den Gummilösungen sich *e* kleiner als dort herausstellt und zuletzt mit zunehmendem Procentgehalt wieder abnimmt. Mit Hülfe dieser Gröſse *e* sind dann die specifischen Gewichte unter s_1 auf 15° reducirt. Unter *d* habe ich noch die Verdichtungen hinzugefügt, welche nach diesen Ergebnissen sich einstellen, wenn eine Gummilösung von 18,9288 Proc. mit Wasser versetzt wird, bis ihr Concentrationsgrad zu dem der übrigen Lösungen herabsinkt. Sollen nämlich *a* Gramm einer Lösung von p_1 Procent mit *b* Grm. Wasser vermischt werden, damit die Mischung p_2 Procent Gummi enthalte, so muſs $p_2\left(1+\frac{b}{a}\right)=p_1$ seyn. Hat nun die erste Lösung bei 15° das specifische Gewicht s_1 und das Wasser nach Despretz das specifische Gewicht 1 : 1,0008751, so würde sich, wenn keine Verdichtung einträte, hieraus das specifische Gewicht der Mischung $\sigma=\frac{p_1 s_1}{1{,}0008751\,(p_1-p_2)s_1+p_2}$ finden. Die hiernach berechneten Werthe finden sich unter σ und unter *d*, der Betrag, um welchen das beobachtete specifische Gewicht dieses berechnete übersteigt. Ist nun diese Erscheinung mit der Vorstellung einer bloſs mechanischen feinen Vertheilung des Gummi im Wasser vereinbar, oder ist sie nicht geeignet, den Zweifel darüber, ob Gummilösung eine sogenannte wahre Lösung sey, zu beseitigen? ganz abgesehen davon, daſs ich mir nicht vorstellen kann, wie ein mechanisch beigemengter fester Stoff Ursache eines Druckes auf eingetauchte Körper seyn sollte, der von dem des bloſsen Wassers verschieden ist, es müſste denn jener feste Stoff im Wasser selbst gewissermaſsen flüssig seyn und so seinen eignen Druck neben dem des Wassers ausüben, wie dieſs bei Gasgemengen der Fall ist. Auch die optische Untersuchung gab hier, wie bei den Eiweiſslösungen, einen mit

der Concentration ganz regelmäfsig wachsenden Brechungsexponenten.

p	t	s	e	s_1	σ	d
3,42894	13,61 16,50	1,012025 1,011953	0,000025	1,011990	1,011184	0,000806
8,0131	13,49 15,65	1,028469 1,028393	0,000035	1,028416	1,027773	0,000633
11,2390	13,49 15,65	1,040441 1,040248	0,000089	1,040306	1,039777	0,000529
16,1968	13,49 15,77	1,059114 1,058988	0,000055	1,059031	1,058782	0,000249
18,9288	12,77 16,13	1,069661 1,069505	0,000046	1,069559	1,069559	0,000000

Berechnet man aus diesen fünf Werthen von p und den zugehörigen s_1 eine Formel $p = as' + bs'^2$ wo $s' = 100(s_1 - 1)$, nach der Methode der kleinsten Quadrate, so findet sich

$$p = 2,884883\ s' - 0,0236567\ s'^2$$

und hiernach zu den fünf beobachteten Werthen von p die Differenzen + 0,0039, + 0,0064, — 0,0045, — 0,0089, + 0,0065, so dafs die Formel hinreichende Genauigkeit bietet. Nach ihr ist nachstehende Tabelle über die specifischen Gewichte s und zugehörigen Procentgehalt p von Gummilösungen bei 15° C. nebst den Differenzen D zur Interpolation entworfen:

s	p	D	s	p	D
1,001	0,28825	0,28778	1,030	8,44174	0,27406
1,002	0,57603	0,28731	1,031	8,71580	0,27359
1,003	0,86334	0,28683	1,032	8,98939	0,27311
1,004	1,15017	0,28636	1,033	9,26250	0,27264
1,005	1,43653	0,28588	1,034	9,53514	0,27217
1,006	1,72241	0,28542	1,035	9,80731	0,27169
1,007	2,00783	0,28494	1,036	10,07900	0,27122
1,008	2,29277	0,28447	1,037	10,35022	0,27074
1,009	2,57724	0,28399	1,038	10,62096	0,27027
1,010	2,86123	0,28352	1,039	10,89123	0,26980
1,011	3,14475	0,28305	1,040	11,16103	0,26933
1,012	3,42780	0,28257	1,041	11,43036	0,26885
1,013	3,71037	0,28210	1,042	11,69921	0,26838
1,014	3,99247	0,28162	1,043	11,96759	0,26791
1,015	4,27409	0,28115	1,044	12,23550	0,26743
1,016	4,55524	0,28068	1,045	12,50293	0,26696
1,017	4,83592	0,28021	1,046	12,76989	0,26649
1,018	5,11613	0,27974	1,047	13,03638	0,26601
1,019	5.39587	0,27927	1,048	13,30239	0,26554
1,020	5,67514	0,27879	1,049	13,56793	0,26507
1,021	5,95393	0,27832	1,050	13,83300	0,26460
1,022	6,23225	0,27784	1,051	14,09760	0,26412
1,023	6,51009	0,27737	1,052	14,36172	0,26365
1,024	6,78746	0,27690	1,053	14,62537	0,26318
1,025	7,06436	0,27642	1,054	14,88855	0,26270
1,026	7,34078	0,27595	1,055	15,15125	0,26223
1,027	7,61673	0,27548	1,056	15,41348	0,26175
1,028	7,89221	0,27500	1,057	15,67523	0,26128
1,029	8,16721	0,27453	1,058	15,93651	0,26081
1,030	8,44174		1,059	16,19732	0,26034
			1,060	16,45766	

II. Tabelle für die specifischen Gewichte und Procentgehalte von Eiweifslösungen.

Ich bereitete zu verschiedenen Zeiten zwei Lösungen aus Hühnereiweifs und destillirtem Wasser, indem ich die Mischung stark schüttelte und rührte und dann durch Papier filtrirte; es sind die beiden letzten in der nachfolgenden Tabelle. Ihren Eiweifsgehalt bestimmte ich, indem ich sie mit Essigsäure schwach ansäuerte, kochte, auf ein trocken gewognes Filter brachte, trocknete (zuletzt bei 115°) unter der Glasglocke neben Schwefelsäure abkühlte, und das Trocknen und Wägen des Filtrats so oft wiederholte, bis die Wägungen übereinstimmten. Die beiden ersten Lösungen in der Tabelle sind Verdünnungen der vierten, de-

ren Procentgehalt ich, nachdem ich den vierten kannte, aus der Zusammensetzung berechnete. Sage ich nun auf Grund der specifischen Gewichtsbestimmungen dieser Lösungen, eine Lösung von 4,2200 Proc. Eiweifs habe bei 15° C. das specifische Gewicht 1,014251, so begehe ich freilich noch einen Fehler insofern, als das Hühnereiweifs neben dem Albumin noch andere feste Substanzen enthält, welche das specifische Gewicht erhöhen, so dafs das einer reinen Lösung von 4,2200 Proc. Eiweifs kleiner als 1,014251 seyn würde. Als ich z. B. von solcher Lösung, deren Eiweifsgehalt ich 4,2200 Proc. gefunden hatte, 15,9030 Gr. in einem Tiegel bei 115° getrocknet hatte, fand ich 0,7272 festen Rückstand, also 4,5727 Proc. feste Bestandtheile; nach längerem Glühen aber ergab sich als unverbrennlicher Rückstand 0,0557 Gr., folglich die Menge des verbrennlichen Eiweifses 0,6715 Gr. oder 4,2224 Proc., sehr nahe mit obigem übereinstimmend. Eine auf obige Weise bereitete Eiweifslösung von 4,2224 Proc. Eiweifs enthält also daneben noch 0,3503 Proc. schmelzbarer Asche. — Zu einiger Controle füge ich hinzu, dafs nach der von Lehmann (phys. Chemie II p. 6) mitgetheilten Methode von C. Schmidt, wenn man als specifisches Gewicht einer zehnprocentigen Lösung von schmelzbarer Asche 1,0791 (Mittel aus 1,0726, 1,0653 und 1,0994) annimmt, sich ergiebt:

42,224 Gr. zehnprocentiger Eiweifslösung nehmen Raum ein	41,1226
3,503 Gr. zehnprocentiger Salzlösung vom specifischen Gewicht 1,0791 nehmen Raum ein	3,2462
54,273 Gr. Wasser nehmen Raum ein . . .	54,2730
Summa	98,6418

Hieraus folgt das specifische Gewicht der Lösung 1,01377 anstatt 1,01428 mit einem Unterschiede von 0,00051, welcher kaum gröfser ist, als in dem dort angeführten Musterbeispiel. — Um wieder auf den vorhin berührten Gegenstand zurückzukommen, so entsprechen den gefundnen spe-

cifischen Gewichten Lösungen, welche neben dem angegebenen Eiweifsgehalte einen gewissen Gehalt an Salzen besitzen. Trotzdem nehme ich auf diesen Umstand fernerhin keine Rücksicht, weil bei verschiedenen Verdünnungen frischen Hühnereiweifses sich beiderlei Bestandtheile gleichmäfsig verdünnen, und daher der Zweck, den ich hier allein verfolgte, aus dem specifischen Gewicht den Eiweifsgehalt zu erfahren, vollständig erreicht wird. Und wenn selbst durch den Vorgang der Filtration die verhältnifsmäfsige Zusammensetzung beider Bestandtheile im Filtrate einigermafsen verändert würde, so ist der entstehende Fehler nur sehr unbedeutend, weil die absolute Menge der Salze gegen die des Eiweifses sehr zurücktritt. Die Rubriken σ und d haben in nachstehender Tabelle dieselbe Bedeutung wie bei den Gummilösungen.

p	t	s	e	s_1	σ	d
1,2147	8,62 15,89	1,004110 1,004025	0,000012	1,004036	1,003374	0,000662
2,2839	7,75 16,01	1,007828 1,007667	0,000019	1,007686	1,007147	0,000539
4,2200	12,05 13,73	1,014241 1,014281	0,000024	1,014251	1,014049	0,000202
6,1445	7,50 15,89	1,021226 1,020981	0,000029	1,021007	1,021007	0,000000

Aus diesen vier Fällen berechnete ich analog der für Gummilösungen gefundenen die Formel

$$p = 3{,}01797\,s' - 0{,}0437338\,s'^2$$

welche mit den beobachteten Werthen von p die Differenzen $+0{,}0038$, $-0{,}0099$, $+0{,}0079$ und $-0{,}0024$ giebt. Nach ihr ist folgende Tabelle über die specifischen Gewichte s und zugehörigen Procentgehalte p von Eiweifslösungen bei 15° C. entworfen:

s	p	D	s	p	D	s	p	D
1,001	0,30136	0,30048	1,010	2,97423	0,29262	1,020	5,86100	0,28387
1,002	0,60184	0,29961	1,011	3,26685	0,29174	1,021	6,14487	0,28299
1,003	0,90145	0,29874	1,012	3,55859	0,29086	1,022	6,42786	0,28211
1,004	1,20019	0,29786	1,013	3,84945	0,28999	1,023	6,70997	0,28124
1,005	1,49805	0,29699	1,014	4,13944	0,28911	1,024	6,99121	0,28037
1,006	1,79504	0,29611	1,015	4,42855	0,28824	1,025	7,27158	
1,007	2,09115	0,29524	1,016	4,71679	0,28736			
1,008	2,38639	0,29436	1,017	5,00415	0,28649			
1,009	2,68075	0,29348	1,018	5,29064	0,28562			
1,010	2,97423		1,019	5,57626	0,28474			
			1,020	5,86100				

III. Tabelle für die specifischen Gewichte und Procentgehalte von Harnstofflösungen.

Drei Normallösungen, deren Gehalt synthetisch bekannt war, lieferten folgende Data:

p	t	s	e	s_1	σ	d
2,81992	14,6 17,4	1,007924 1,007829	0,000034	1,007910	1,007356	0,000554
4,94684	14,2 19,1	1,013938 1,013701	0,000048	1,013900	1,013653	0,000247
6,54523	15,1 19,0	1,018433 1,018181	0,000064	1,018439	1,018439	0,000000

Hieraus berechnete ich die Formel

$$p = 3{,}579620\, s' - 0{,}01599113\, s'^2$$

welche mit den beobachteten Werthen von p die Differenzen $-0{,}00156$, $+0{,}00206$, $0{,}00086$ giebt, und nach ihr folgende Tabelle über die specifischen Gewichte s und die zugehörigen Procentgehalte p von Harnstofflösungen bei 15° C. Ich füge in ihr unter der Rubrik q noch den Betrag hinzu, um welchen der aus den drei ersten Columnen berechnete Procentgehalt für je 1° zu vermehren oder zu vermindern ist, wenn die Temperatur bei der Bestimmung des specifischen Gewichts höher oder niedriger als 15° ist. Bei den Tabellen für Gummilösungen und Eiweifslösungen habe ich diese Rubrik unterdrückt, theils weil hier die Werthe von q gering sind, theils weil bei den Filtrations-

versuchen sich so bedeutende Unterschiede zwischen der oberen Lösung und dem Filtrate herausstellten, dafs die Correction nach der Temperatur das Resultat nur sehr unwesentlich modificirte.

s	p	D	q	s	p	D	q
1,001	0,35780	0,35748	0,00825	1,010	3,56363	0,35460	0,01319
1,002	0,71528	0,35717	0,00860	1,011	3,91823	0,35429	0,01403
1,003	1,07245	0,35684	0,00900	1,012	4,27252	0,35396	0,01494
1,004	1,42929	0,35652	0,00943	1,013	4,62648	0,35365	0,01592
1,005	1,78581	0,35621	0,00993	1,014	4,98013	0,35332	0,01696
1,006	2,14202	0,35588	0,01049	1,015	5,33345	0,35301	0,01807
1,007	2,49790	0,35556	0,01102	1,016	5,68646	0,35268	0,01925
1,008	2,85346	0,35525	0,01172	1,017	6,03914	0,35237	0,02050
1,009	3,20871	0,35492	0,01242	1,018	6,39151	0,35204	0,02183
1,010	3,56363		0,01319	1,019	6,74355	0,35173	0,02334
				1,020	7,09528		0,02503

Wenn die Lösungen, mit denen ich Filtrationsversuche anstellte, Gummi und Kochsalz oder Gummi und Harnstoff enthalten, so bestimmte ich den letzteren Bestandtheil durch chemische Analyse, und dann den Gehalt an Gummi aus dem specifischen Gewicht der ganzen Flüssigkeit nach der bereits erwähnten Methode von C. Schmidt. Dieselbe gründet sich bekanntlich auf die Voraussetzung, dafs bei der Vermischung einer gewissen Lösung, z. B. einer zehnprocentigen Kochsalzlösung, mit einer andern Lösung, z. B. einer Gummilösung, eine Verdichtung oder Verdünnung nicht erfolge, sondern dafs die gemischte Lösung ein specifisches Gewicht annehme, welches sich aus denen der Bestandtheile berechnen lasse, so dafs a Gramm einer zehnprocentigen Kochsalzlösung vom specifischen Gewicht s_1 vermischt mit $(100 - a)$ Gramm Gummilösung vom specifischen Gewicht s_2 als specifisches Gewicht liefert

$$s = 100 : \left(\frac{a}{s_1} + \frac{100 - a}{s_2}\right).$$

Da nun diese Voraussetzung zuerst nicht allgemein erfüllt wird, so ist die Methode nicht in aller Strenge genau, doch liefert sie im Ganzen befriedigende Resultate. Als z. B. 100,61 Gr. Gummilösung vom specifischen Gewicht 1,034782 und 9,74798 Proc. mit 111,56 Gr. Kochsalzlösung

vom specifischen Gewicht 1,057037 und 7,78368 Proc. gemischt wurden, so ergab sich das specifische Gewicht der Mischung 1,046288, während die Berechnung 1,046366 ergeben hätte; es war also hier durch den Procefs der Mischung eine Verdünnung um 0,000078 eingetreten. Der Kochsalzgehalt der Mischung berechnet sich auf 4,0927 Proc., der Gummigehalt auf 4,6224 Proc. Gesetzt nun man hätte durch chemische Analyse den Kochsalzgehalt richtig auf 4,0927 Proc. gefunden, so könnte man nach obiger Anschauungsweise 100 Gr. der gemischten Lösung vom specifischen Gewicht s betrachten als zusammengesetzt aus 40,927 Gr. zehnprocentiger Kochsalzlösung vom specifischen Gewicht s_1 und 59,073 Gr. Gummilösung vom specifischen Gewicht s_2, so dafs $s = 100 : \left(\frac{40,927}{s_1} + \frac{59,073}{s_2}\right)$. Da s durch Beobachtung $= 1,046288$ gegeben, und s_1 nach meiner Tabelle über specifische Gewichte der Kochsalzlösungen $=$ 1,073610 ist, so giebt diese Gleichung, für s_2 aufgelöst,

$$s_2 = \frac{1,073610 \,.\, 1,046288 \,.\, 59,073}{107,3610 - 40,927 \,.\, 1,046288} = 1,028159.$$

Nun entspricht nach meiner oben mitgetheilten Tabelle über Gummilösungen diesem specifischen Gewichte ein Procentgehalt 7,93593; 100 Gr. der ganzen Lösung enthalten also 59,073 Gr. Gummilösung von 7,93593 Proc., also 4,6880 Gr. Gummi, während die Synthesis 4,6224 dafür gegeben hatte. Obwohl also bei der Zusammensetzung das gemessene specifische Gewicht kleiner war als das aus den Mischungsantheilen berechnete, so ist dennoch der auf Grund dieses kleineren Werthes berechnete Gummigehalt gröfser gefunden worden, als der wirkliche. Diefs hat seinen Grund darin, weil nicht dasselbe specifische Gewicht einer Lösung von 4,0927 Proc. Kochsalz und 4,6224 Proc. Gummi durch Rechnung sich findet, wenn man einmal diese Lösung aus 52,582 Gr. Kochsalzlösung von 7,78368 Proc. und 47,419 Gr. Gummilösung von 9,74798 Proc., und das andremal aus 40,927 Gr. Kochsalzlösung von 10 Proc. und 59,073 Gr. Gummilösung von 7,82490 Proc. hergestellt denkt. Die erste

Zusammensetzung gab durch Rechnung das specifische Gewicht 1,046366, also verglichen mit dem wirklichen 1,046288 einen etwas höheren Werth; die letztere giebt durch Rechnung 1,046042, also verglichen mit der wirklichen einen etwas kleineren Werth, so dåſs natürlich aus dem beobachteten höheren specifischen Gewicht durch Rechnung auch ein gröſserer Gummigehalt folgt. Ich habe diesen Punkt absichtlich mit einiger Ausführlichkeit verfolgt, obwohl er hier nur eine Nebenrolle zu spielen scheint, weil daraus wieder hervorgeht, daſs auch bei den Gummilösungen, wenn sie mit andern Stoffen in Wechselwirkung treten, Erscheinungen auftreten, welche nur aus gröſseren oder kleineren Molecularanziehungen sich dürften erklären lassen, und für welche die Vorstellung von nur schwebenden Theilchen (die doch unmöglich Molecüle sein könnten) nicht ausreicht.

Was die chemische Bestimmung des Kochsalz- und Harnstoffgehalts anlangt, so bediente ich mich immer der volumetrischen Methode. Zur Bestimmung des Kochsalzes versetzte ich die Lösung mit einfach chromsaurem Kali und setzte aus einer Bürette Silberlösung zu, bis sich der purpurrothe Niederschlag nicht mehr in der gelben Flüssigkeit zerrühren lieſs, ohne die Farbe desselben zu ändern. Den Harnstoff fällte ich durch salpetersaures Quecksilberoxyd und setzte davon aus der Bürette so lange zu, bis ein Tropfen in ein groſses Uhrglas mit concentrirter Lösung von kohlensaurem Natron gebracht, einen gelben Niederschlag gab. Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde immer, wenn etwa 1 Cubikcentim. der Quecksilberlösung bis zu der zu erwartenden Reaction fehlte, durch Natronlösung neutralisirt. Zur gröſseren Sicherheit bestimmte ich hier, wie auch bei den Kochsalzanalysen, jedesmal nicht allein das Filtrat auf diese Weise, sondern auch die obere Lösung, obwohl mir der Harnstoff-, resp. Kochsalzgehalt derselben schon synthetisch bekannt war, und nahm vom Filtrat annähernd ebensoviel zur Untersuchung als von der oberen Lösung.

Ich komme nun zur Mittheilung meiner Filtrationsversuche. Da nur solche Versuche unmittelbar vergleichbar

sind, welche mit derselben Membran angestellt wurden, ohne dafs dieselbe in der Zwischenzeit trocknete, so zerfallen sie von selbst in so viel Versuchsreihen, als wie oft die Haut gewechselt wurde. In jeder einzelnen sollte im Allgemeinen eine andre Frage beantwortet werden. Daher halte ich für das zweckmäfsigste, vor jeder Versuchsreihe in möglichster Kürze den leitenden Gedanken; nach einer jeden das gewonnene Resultat anzugeben. Die Temperatur ist nach Celsius, der Druck nach Millimeter Quecksilber, die Filtrationsgeschwindigkeit nach Gramm pro Stunde angegeben. Die Versuchsdauer und Menge des gesammelten Filtrats, woraus die Geschwindigkeit folgt, ebenso die Menge der ganzen zur Filtration verwendeten Lösung oder des Rückstandes lasse ich weg, um nicht die Tabellen zu unbequem zu machen. a bedeutet den Procentgehalt der oberen Lösung zu Anfang, b zum Schlufs, c im Mittel, f den des Filtrats. Die wesentlichste Gröfse in allen Tabellen ist $r = \frac{f}{c}$ (in der ersten Versuchsreihe $\frac{f}{a}$) d. i. also der Quotient aus dem Procentgehalt des Filtrats dividirt durch den mittleren (bei der ersten Versuchsreihe anfänglichen) Procentgehalt der oberen Lösung.

I. Reihe.

Membran nicht frisch. Filtration von Gummilösungen.

Plan: Den Concentrationsgrad des Filtrats mit dem der oberen Flüssigkeit zu vergleichen für verschiedene Concentrationen und Drucke.

No.	Datum	Temp.	Druck	Geschw.	obere Lösung a	Filtr. f	$r = f : a$
1	$\frac{9}{5}$	17,5	220	9,47	2,2478	1,7161	0,7635
2	»	16,8	165	5,48	2,2698	1,7049	0,7511
3	»	16.8	300	11,08	2,2918	1,8052	0,7877
4	»	16,6	115	3,67	2,3158	1,7293	0,7467
5	»	22,9	165	5,98	2,4330	1,7949	0,7377 [1]
6	$\frac{10}{5}$	18,7	300	8,15	5,1111	4,6706	0,9138
7	»	18,2	220	4,70	5,1111	4,5156	0,8835

1) Aeufsere Temperatur niedriger als die der Flüssigkeit.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	obere Lösung a	Filtr. f	$r = f : a$
8	$\frac{11}{5}$	21,4	300	7,35	5,4435	4,9306	0,9058
9	»	19,9	220	8,66	1,4019	0,9603	0,6851
10	»	18,8	165	6,18	1,4128	0,9193	0,6507
11	»	19,1	300	17,13	1,4251	1,0756	0,7548

Resultat: Bei geringerem Procentgehalt der oberen Lösung und bei geringerem Drucke ist der relative Procentgehalt des Filtrats r kleiner. Denn

bei 300 Mm. Dr. u Procentgeh. der oberen Lös. $a =$	5,1111	ist $r = 0,9138$
»	2,2918	0,7877
»	1,4251	0,7548
220	5,1111	0,8835
»	2,2478	0,7635
»	1,4016	0,6851
165	2,2698	0,7511
»	1,4128	0,6507

Bei höherer Temperatur ist der relative Procentgehalt des Filtrats kleiner. Denn bei 165 Millm. Druck war nach No. 3 bei 16°,8 für eine obere Lösung von 2,2698 Proc. $r = 0,7511$, nach No. 5 aber bei 22°,9 für eine obere Lösung von 2,4330 Proc. nur $r = 0,7377$. Während also wegen des gröſsern Procentgehalts der obern Lösung unter sonst gleichen Umständen sich in No. 5 ein gröſserer Werth von r als in No. 3 hätte erwarten lassen, ist er durch die höhere Temperatur sogar kleiner. Und dabei ist noch zu bemerken, daſs der Versuch No. 5 insofern höchst wahrscheinlich einen zu groſsen Werth von r lieferte, als die Temperatur der Umgebung niedriger war als die der Lösung, sodaſs an den kühleren Wänden des Recipienten ein nicht unbedeutender Niederschlag und also im luftverdünnten Raume eine fortgesetzte Verdampfung erfolgte. Auch eine Vergleichung von No. 6 mit 8 zeigt, daſs bei höherer Temperatur r kleiner wird. In No. 8 war übrigens die Temperatur der Lösung zugleich die der Umgebung.

II. Reihe.

Ein Stück eines neuen Herzbeutels, nicht frisch. Gummilösungen.

Plan: Weitere Begründung der Resultate voriger Reihe. Bisher war der Umstand unberücksichtigt geblieben, dafs im Laufe des Versuchs die obere Flüssigkeit merklich concentrirter werden mufste. Diese sollte nun am Schlusse des Versuchs nochmals bestimmt und ihre Veränderung mit in Rechnung gezogen werden. Auch sollte solche Lösung, welche schon einmal durch die Haut gegangen, nochmals filtrirt werden, um zu sehen, ob sie auch dann noch denselben Gesetzen der Filtration folge.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. *a* / *b*	ob. Lös *c*	Filtr *f*	*r*=*f*:c
1	16/5	18,7	300	14,31	1,60920 1,71888	1,66404	0,79151	0,4756
2	»	18,8	160	6,82	1,70726 1,89224	1,79975	0,85530	0,4752
3	»	19,5	220	10,32	1,70726 1,79919	1,75322	0,90694	0,5173
4	»	18,8	120	5,59	1,83430 1,97444	1,90437	0,99672	0,5234
5	17/5	19,8	300	19,28	2,74025 2,84647	2,79336	2,18677	0,7828
6	»	21,0	220	13,94	2,74025 2,85044	2,79535	2,05855	0,7364
7	18/5	17,2	170	?	2,97031 3,01547	2,99289	2,22609	0,7437
8	»	22,1	220	18,01	1,98443 2,09502	2,03973	1,37268	0,6730
9	»	19,9	220	42,54	1,39988 1,45140	1,42564	1,20744	0,8469 1)
10	»	20,2	120	20,37	1,43252 1,49352	1,46302	1,16134	0,7938
11	19/5	19,9	220	65,52	1,02913 1,05838	1,04376	0,66423	0,6364
12	»	19,8	220	39,00	1,97900 2,01809	1,99855	1,75609	0,8787

1) Früher Filtrirtes.

Resultat. Vergleicht man den Complex der Versuche 1 bis 4 mit dem von 5 bis 7, so zeigt sich deutlich, dafs unter sonst gleichen Umständen bei einem höhern Procentgehalt der oberen Lösung der relative Procentgehalt des Filtrates *r* gröfser ist. Die Versuche 5, 6 und 7 für sich zeigen ferner, dafs für geringeren Druck *r* unter sonst gleichen Umständen kleiner, also die Verschiedenheit des Filtrats von der oberen Lösung gröfser ist; denn dafs in No. 7 *r* ein wenig gröfser als in No. 6 ist, obwohl der Druck statt 220 Millm. nur 170 Millm. ist, erklärt sich hinreichend aus der merklich tieferen Temperatur mit Rücksicht auf das zur vorigen Reihe hierüber bemerkte, und aufserdem aus dem Umstande, dafs in No. 7 der Werth *c* merklich gröfser ist, als in No. 6. In den Versuchen 1 bis 4 würde das Gesetz, dafs *r* bei kleinerem Drucke kleiner ist, sich jedenfalls auch weit entschiedener herausgestellt haben, wenn nicht die Concentration der oberen Lösung von einem Versuch zum andern immer gröfser genommen worden wäre. Der Erklärungsgrund für dieses ungeschickte Verfahren ist, dafs ich zu jedem folgenden Versuche die vorige, aber freilich durch die Filtration concentrirt gewordene Lösung wieder benutzte. Aufser den angeführten *Bestätigungen der Resultate der vorigen Reihe* zeigt sich hier ferner, dafs die Haut bei fortdauerndem Gebrauche allmählich anders filtrirt, indem die Filtrationsgeschwindigkeit unter sonst gleichen Umständen wächst und *r* gröfser wird. Wahrscheinlich tritt eine solche Veränderung der Haut anfangs in bedeutenderem Maafse hervor, während sich nachher die Membran längere Zeit nahe gleichartig verhält und erst später wieder sich auffällig verändert. Diefs mag neben der verhältnifsmäfsigen Kleinheit von *c* der Grund seyn, warum in No. 1 die Gröfse von *r* fast übereinstimmend mit No. 2 ausgefallen ist. Dafs *bei längerem Gebrauch der Membran unter sonst gleichen Umständen r merklich gröfser wird und zugleich die Filtrationsgeschwindigkeit bedeutend wächst*, zeigt eine Vergleichung der Versuche 3, 8 und 12. Bei gleichem Drucke und ziemlich übereinstimmenden Werthen

von *c* ist *r* in No. 3 nur 0,5173, in No. 8 schon 0,6730, in No. 12 endlich 0,8787. So läfst sich auch No. 11 wegen Veränderung der Haut nicht direct mit den ersten Nummern der Reihe vergleichen, sondern nur mit den letzten 8 und 12 und zeigt, dafs *bei abnehmender Concentration der oberen Lösung bis zu* 1,0 *Proc. herab r immer noch bedeutend im Abnehmen begriffen ist.* Aus einem Vergleich der No. 9 und 10, in denen das Filtrat von früheren Versuchen nochmals filtrirt wurde, mit 11 und 12 geht hervor, dafs *solche Lösung, welche schon einmal durch die Haut gegangen ist, bei wiederholter Filtration denselben Gesetzen gehorcht, wie frisch bereitete Lösung.* Noch deutlicher würde diefs allerdings werden, wenn sich 9 und 10 auch mit früheren Nummern wohl vergleichen liefse. Kommen wir nochmals auf eine Vergleichung von No. 3, 8 und 12 zurück und fassen wir die Vorstellung, dafs beim Filtrationsprocefs Wasser und Lösung von der ursprünglichen Concentration neben einander die Haut passiren, so zerlegt sich das Filtrat einer Stunde in No. 3 in 5,34 Gr. von der Concentration *c* und 4,98 Gr. Wasser. in No. 8 in 12,12 Gr. von der Concentration *c* und 5,89 Gr. Wasser, in No. 12 in 34,27 Gr. von der Concentration *c* und 4,73 Gr. Wasser. Es scheint dann also das Wachsthum von *r* sich aus der Menge der unverändert durchgehenden Lösung zu erklären, die Menge des selbstständig passirenden Wassers aber sich gleich geblieben zu seyn. Dafs letztere in No. 8 am gröfsten ist, könnte Folge der höheren Temperatur dieses Versuchs seyn.

III. Reihe.

Ein neues Stück desselben Herzbeutels, nicht frisch. Gummilösungen und Eiweifslösungen.

Plan. Zeitiger als in voriger Reihe (bei weniger strapazirter Haut) Filtrat von früheren Versuchen nochmals zu filtriren. Aufserdem die Filtration von Eiweifslösungen mit der von Gummilösungen zu vergleichen.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. *a* *b*	ob Lös. *c*	Filtr. *f*	$r = f : c$
1	20/5	22,5	220	29,72	1,08965 1,17107	1,13036	0,66165	0,5853[1])
2	»	22,4	120	15,13	1,08965 1,16220	1,12592	0,54610	0,4850[1])
3	»	21,9	120	16,59	1,28705 1,34976	1,31840	0,86936	0,6594[2])
4	»	21,0	220	47,94	1,28877 1,33258	1,31067	1,09194	0,8331[2])
5	21/5	22,5	220	32,56	2,27368 2,38352	2,32860	1,85113	0,7766[3])
6	»	21,9	120	13,96	2,27368 2,40770	2,34069	1,66123	0,7097[3])
7	22/5	21,3	120	24,22	1,50457 1,57147	1,53802	1,19140	0,7740[4])
8	»	21,2	170	35,59	1,50400 1,52687	1,51544	1,23035	0,8119[4])
9	24/5	19,9	220	22,36	1,49692 1,55864	1,52778	1,07502	0,7037[5])
10	»	20,4	220	19,21	3,36896 3,46961	3,41928	2,75236	0,8050[5])
11	»	19,5	120	10,24	3,44744 3,58157	3,51450	2,72096	0,7742[6])
12	»	19,6	120	12,89	1,57705 1,70327	1,64016	1,08876	0,6638
13	»	17,2	120	13,98	1,68991 1,80540	1,74765	1,41882	0,8118[7])

Resultat. Was die Filtration frisch bereiteter Gummilösungen betrifft, so geht aus No. 1, 2, 5, 6 unzweifelhaft eine Bestätigung der früher aufgestellten Gesetze hervor. No. 9, 10, 11, 12 lehren ferner, dafs *auch bei Filtration von Eiweifslösungen der relative Procentgehalt des Filtrats*

1) Gummilösung frisch bereitet.
2) Gummil., Filtrat früherer Versuche.
3) Gummil., frisch bereitet.
4) Gummil., Filtrat früherer Versuche.
5) Eiweifslös., frisch bereitet.
6) Eiweifslös., frisch bereitet.
7) Eiweifslös., Filtr. früherer Versuche.

für höhere Drucke und für höhere Concentrationen der oberen Lösung gröfser ist. Denn

bei	etwa	1,6	Proc.	der	ob.	Lös.	ist	für	220	Mm.	Druck	$r = 0{,}7037$
»	»	»	»	»	»	»	»	»	120	»	»	$r = 0{,}6638$
»	»	3,5	»	»	»	»	»	»	220	»	»	$r = 0{,}8050$
»	»	»	»	»	»	»	»	»	120	»	»	$r = 0{,}7742$

Aus No. 3, 4, 7, 8 geht hervor, dafs *auch bei wiederholter Filtration von bereits filtrirter Gummilösung für höhere Drucke und stärkere Concentration der oberen Lösung r gröfser ist*; doch sind die Werthe von r absolut ein wenig gröfser als bei frisch bereiteten Lösungen. Endlich zeigt No. 13, dafs *auch solche Eiweifslösung, welche schon einmal die Haut passirt ist, bei neuer Filtration in einem Verhältnifs an Procentgehalt verliert, welches nicht bedeutend von dem bei Filtration frisch bereiteter Eiweifslösung abweicht.*

IV. Reihe.

Dieselbe Membran von der III. Reihe, nach gehörigem Auswässern inzwischen getrocknet, dann 24 Stunden lang vor dem nächsten Versuche in der zunächst zu brauchenden Flüssigkeit aufgeweicht. Filtration einer zusammengesetzten Lösung von Gummi und Kochsalz.

Plan: Bei Filtration einer aus Wasser, Kochsalz und Gummi zusammengesetzten Lösung den Gehalt des Filtrats an beiden festen Bestandtheilen mit der ursprünglichen Lösung zu vergleichen. In den Columnen *a*, *b*, *c* und *f* bezeichnen die vorgesetzten Buchstaben *K* und *G* den Gehalt an Kochsalz und Gummi.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. *a* / *b*	ob. Lös. *c*	Filtr. *f*	$r = f : c$
1	16/6	16,4	220	9,03	*K* 2,64287 2,67774	2,66030	2,70469	1,0167
					G 2,98496 3,33131	3,15813	1,64604	0,5212
2	»	16,6	120	6,75	*K* 2,64287 2,67411	2,65849	2,72166	1,0238
					G 2,98496 3,48793	3,23644	1,45244	0,4488

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. *a* *b*	ob. Lös. *c*	Filtr. *f*	$r=f:c$
3	17/8	17,0	220	18,84	*K* 1,00859	1,01104	1,03049	1,0192
					1,01349			
					G 1,13913	1,20273	0,74319	0,6179
					1,26633			
4	»	17,6	120	11,82	*K* 1,00859	1,00746	1,03160	1,0240
					1,00633			
					G 1,13913	1,23543	0,59107	0,4784
					1,33174			

Resultate. Während das Filtrat im Vergleich zur oberen Lösung einen Verlust an Gummi aufweist, enthält es an Kochsalz bis etwa 2½ Proc. mehr, und zwar *übersteigt der relative Procentgehalt des Filtrats an Kochsalz die Einheit um so mehr, je mehr das Filtrat in Bezug auf Gummi verdünnt ist.*

Es dürfte hier der Ort seyn, eine theoretische Bemerkung über den Filtrationsprocefs einzuschalten. In dem Referat über die bereits vorhandene Literatur des Gegenstandes, welches ich zu Anfang dieser Abhandlung vorausgeschickt habe, ist der Ansicht Erwähnung gethan, welche von Valentin, Hoppe, Funke und wie es scheint noch Anderen getheilt wird, dafs sich Gummi und Eiweifs nicht wirklich gelöst, sondern in fein zertheiltem Zustande schwebend in Wasser befinde, und dafs der veränderte Procentgehalt des Filtrats sich daraus erkläre, dafs die Gummitheilchen theilweise in den Poren der Haut zurückgehalten würden, das Wasser aber daran vorüberfliefse; dagegen filtrirt eine wahre Lösung, wie z. B. eine Salzlösung ohne Aenderung der Concentration. Es läfst sich nun nicht läugnen, dafs bei Filtration einer aus Gummi und Kochsalz zusammengesetzten Lösung diese Hypothese folgerichtig postulire, dafs das Filtrat, wenn es ärmer an Gummi ist, reicher an Kochsalz sey. Allein in den numerischen Werthen stimmen die Folgerungen dieser Ansicht doch nicht mit meinen Versuchen überein. Es seyen nämlich in 100 Grm. der oberen Lösung p_1 Grm. Gummi und p_2 Grm.

Kochsalz enthalten; P Grm. Gummi werden durch die Filtration davon zurückgehalten, die übrige Lösung fliefse unverändert vorüber. Dann hat man als Filtrat $(100 - P)$ Grm. Lösung mit p_2 Grm. Kochsalz und $(p_1 - P)$ Grm. Gummi; mithin ist der Gummigehalt des Filtrats auf 100 Grm. $p'_1 = \frac{100(p_1 - P)}{100 - P}$ und der Kochsalzgehalt $p'_2 = \frac{100 p_2}{100 - P}$. Ist nun p'_1 durch den Versuch bekannt, so findet sich $P = \frac{100(p_1 - p'_1)}{100 - p_1}$ und hieraus $p'_2 = \frac{p_2(100 - p'_1)}{100 - p_1}$. Nach dieser Formel würde sich, wenn man für p_1 und p_2 die Werthe aus f einsetzt, finden: in No. 1; 2,70184 statt 2,70469, in No. 2; 2,70750 statt 2,72166, in No. 3; 1,01574 statt 1,03049, in No. 4; 1,01403 statt 1,03160, und es würden also bei der chemischen Bestimmung des Kochsalzes, mit Rücksicht auf die von mir dazu genommenen Quantitäten der zu untersuchenden Lösung, an Silberlösung erforderlich gewesen seyn: in No. 1; 19,53 Cubikcentim. statt 19,55, in No. 2; 21,72 statt 21,83, in No. 3; 12,37 statt 12,55, in No. 4; 11,62 statt 11,82. Sind nun diese Unterschiede auch nicht grofs, so liegen sie doch mit Ausnahme des ersten alle aufser den Gränzen der unmittelbaren Beobachtungsfehler, und namentlich der Umstand, dafs sie alle nach einer Seite liegen, spricht dafür, dafs obiger Erklärungsgrund für die Zunahme des Kochsalzgehaltes nicht genüge.

An einem andern Orte werde ich auf eine Discussion der genannten Erscheinung nochmals zurückkommen.

V. Reihe.

Dieselbe Membran von der vorigen Reihe, in der Zwischenzeit getrocknet, nachher $1\frac{1}{2}$ Tag in der zunächst zu brauchenden Lösung aufgeweicht. Gummilösung.

Plan: Zu untersuchen, ob nicht der Gehalt des Filtrats von reiner Gummilösung anders als bisher ausfalle, wenn während des Versuchs der Druck öfter auf Null erniedrigt würde. Ich hatte nämlich bemerkt, dafs während des plötzlichen Verschwindens des Druckes beim Abbre-

chen der bisherigen Versuche die ausgebuchtete Haut sich immer zusammenzog und dabei ein Tropfen ausgeprefst wurde, welchem nachher bei weiterer Concentration der Haut, wenn der Druck vorher grofs gewesen war, häufig langsam noch ein zweiter folgte. Ich stelle mir nun vor, dafs innerhalb der Poren der Haut die der Wand näheren Schichten sich während der Filtration mit langsamerer und bis zu 0 abnehmender Geschwindigkeit bewegen, während sich jeder mittelster Faden (und zwar ist dieser streng als mathematische Linie zu denken, soweit Molecüle in einer solchen Raum haben) mit einer gewissen, gröfsten, dem Drucke angemessenen Geschwindigkeit bewegt. Das bei constantem Drucke gewonnene Filtrat ist nur eine Mischung, in welche alle Schichten nach Verhältnifs ihrer Geschwindigkeit eingehen. Denkt man sich die Poren der Einfachheit wegen als cylindrische Canäle vom Halbmesser r, so ist, wenn man wenigstens gleiche Zähigkeit der verschiedenen Schichten voraussetzt, die Geschwindigkeit einer Schicht im Abstande ϱ von der Axe nach der vortrefflichen Abhandlung von Hagenbach über die Bestimmung der Zähigkeit etc. (Diese Ann. CIX., S. 385) $= A(r^2 - \varrho^2)$, wo A ein von den übrigen Bedingungen des Versuchs abhängiger Factor ist, also die Ausflufsmenge gleich dem Inhalte eines Umdrehungsparaboloïds. Dagegen werden sich in dem von der Membran durch ihre elastische Zusammenziehung ausgegebenen Tropfen die verschiedenen concentrischen Schichten höchst wahrscheinlich nach anderem Verhältnifs betheiligen. Nach welchem dürfte *a priori* zu sagen schwer seyn; ich vermuthe, dafs die der Wand näheren Schichten verhältnifsmäfsig mehr darin vertreten sind als in jenem Umdrehungsparaboloïd, wo sie durch die schnell abnehmende Geschwindigkeit sehr zurücktreten. In jedem Falle aber, wenn nicht die Mengeverhältnisse der von den verschiedenen Schichten stammenden Antheile am ausgeprefsten Tropfen gerade dieselben sind wie beim Umdrehungsparaboloïd, wird sich auf diesem Wege entscheiden lassen, ob überhaupt eine Differenz der Concentrationen unter den verschiede-

nen Schichten besteht. Die hier gestellte Frage hat einige Aehnlichkeit mit einer von Ludwig (Zeitschr. für ration. Med. VIII., S. 1, diese Ann. LXXVIII., S. 307) in Bezug auf Kochsalzlösungen aufgeworfenen und durch mechanisches Auspressen der Haut beantwortete. Bei Ludwig fand die Frage bekanntlich die Antwort, dafs Thierblase in Kochsalzlösung von 10 Proc. getaucht zwar eine nur 7 Proc. haltende Flüssigkeit aufnahm, beim Auspressen aber eine 10 Proc. haltende ausgab.

Die Versuchsmethode wurde von mir so eingerichtet, dafs auf einem bei gleichmäfsigem Druck ausgeführten Filtrationsversuch immer ein zweiter unter sonst gleichen Umständen jedoch mit intermittirendem Druck folgte, so dafs bei diesem letzteren immer nach einer Periode von 10 Minuten Filtrationszeit der Druck plötzlich aufgehoben (durch Einströmen der Luft in den Recipienten), dann nach 2 Minuten Pause der anfängliche Druck wieder hergestellt wurde. Solchen Perioden von je 12 Minuten gehörten 6 in No. 2 und 5 in No. 4 zur ganzen Versuchszeit; als Filtrationszeit wurde jedoch nur die Summe der Minuten mit Druck angerechnet und daraus die Filtrationsgeschwindigkeit abgeleitet.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. a / b	ob. Lös. c	Filtr. f	$r = f : c$
1	$\frac{7}{7}$	17,5	220	11,69	2,02578 2,28052	2,15315	0,77801	0,3613[1])
2	»	18,6	220	14,38	2,02578 2,29448	2,16013	0,77484	0,3587[2])
3	$\frac{8}{7}$	17,7	220	15,70	2,21384 2,46829	2,34106	1,14071	0,4873[1])
4	»	17,5	220	16,10	2,21384 2,48621	2,35003	1,05150	0,4474[2])
5	»	18,0	220	14,91	2,45089 2,64142	2,54616	1.40532	0,5519[1])

Resultate. Die Werthe von r sind bei intermittirendem Druck jedesmal kleiner als unter sonst gleichen Umständen

1) const. Druck.
2) intermitt. Druck.

bei constantem Druck. Vielleicht würde die Differenz zwischen No. 1 und 2 noch entschiedener hervorgetreten seyn, wenn nicht früheren Erfahrungen gemäfs eine vorher getrocknete (noch dazu wiederholt getrocknete) Haut jedesmal im ersten Filtrationsversuche ein Filtrat von ausgezeichnet geringem Procentgehalt lieferte. Ich verschiebe deshalb weitere Bemerkungen, bis durch Wiederholung das Gesagte Bestätigung gefunden hat.

VI. Reihe.

Herzbeutel frisch. Gummilösungen.

Plan: Die Resultate der I., II. und V. Reihe mit frischem Herzbeutel nochmals zu prüfen. Denn da nach Eckhard's und Hoffmann's (Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie I. und II.) Erfahrungen frischer Herzbeutel bei endosmotischen Versuchen und Versuchen über Filtrationsgeschwindigkeit constantere Resultate liefern soll, so steht zu erwarten, dafs er dasselbe auch bezüglich der Qualität des Filtrats thue. Bei den Versuchen mit intermittirendem Druck nahm ich diefsmal die Periode zu je 5 Minuten Druck und 2 Minuten Pause. Der zweite Versuch umfafste solcher Perioden 7, der fünfte 16, der siebente 7, der neunte 12, der zwölfte 8.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw	ob. Lös. a / b	ob Lös. a	Filtr. f	$r = f : c$
1	$\frac{25}{10}$	15,5	220	29,16	2,35848 2,37100	2,36474	2,19731	0,9292[1])
2	»	15,5	220	21,82	2,35848 2,45037	2,40443	2,08676	0,8678[2])
3	»	15,5	220	16,26	2,35848 2,46630	2,41239	2,17025	0,8996[1])
4	$\frac{26}{10}$	14,4	120	8,37	2,35848 2,44098	2,39973	1,95674	0,8154[1])
5	»	14,5	120	8,56	2,35848 2,50328	2,43088	1,90765	0,7848[2])
6	$\frac{27}{10}$	14,3	220	20,28	1,41104 1,49371	1,45237	1,10514	0,7609[1])

1) constant. Druck.

2) interm. Druck.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. *a* *b*	ob. Lös. *c*	Filtr. *f*	*r*=*f* : *c*
7	27/10	14,3	220	22,08	1,41104 1,45997	1,43551	1,06441	0,7415[1])
8	28/10	14,3	120	10,12	1,41104 1,46255	1,43679	1,01278	0,7049[2])
9	»	15,0	120	11,66	1,41104 1,48969	1,45036	0,98610	0,6799[1])
10	29/10	13,4	220	26,16	2,45001 2,53571	2,49286	2,24775	0,9017[2])
11	»	13,5	120	15,84	1,60749 1,66581	1,63665	1,44997	0,8859[3])
12	30/10	14,6	120	21,57	1,67924 1,70840	1,69382	1,46283	0,8636[4])

Resultate. Frischer Herzbeutel liefert hinsichtlich der Qualität wie Quantität des Filtrats constantere Resultate als vorher getrockneter; nur dafs während der ersten Versuche bei ansehnlich verminderter Filtrationsgeschwindigkeit *r* einigermafsen abnahm, beides aber von No. 10 an wieder ungefähr zu der ersten Höhe stieg. Die absoluten Werthe beider Gröfsen sind, verglichen mit den aus früheren Reihen bei nicht frischer Membran gewonnenen, gröfser, so dafs eine gröfsere Durchlässigkeit der Haut von einer geringeren Differenz zwischen der Concentration des Filtrats und der oberen Lösung begleitet ist. ***Bei intermittirendem Druck ist durchgängig r kleiner als unter sonst gleichen Umständen bei constantem Druck.*** Dafs bei intermittirendem Druck regelmäfsig die Filtrationsgeschwindigkeit gröfser erscheint als bei constantem hat den Grund, dafs in ersterem Falle die während der Pausen gefallenen Tropfen die Filtrationsmenge vermehren. Die Erscheinung, dafs bei intermittirendem Drucke *r* jedesmal kleiner ist als bei constantem, sehe ich mit Rücksicht auf das im Plane zur V. Reihe Gesagte als einen Beweis dafür an, dafs allerdings ***in den***

1) interm. Druck.
2) const. Druck.
3) const. Druck, Filtrat früherer Versuche.
4) interm. Druck, Filtrat früherer Versuche.

Poren der Membran Schichten von verschiedenem Gummigehalt existiren; die durch die Contraction der Haut ausgepressten Tropfen sind wässriger als das übrige Filtrat; die verdünnten Schichten sind es also, welche in stärkerem Verhältniss zu den concentrirteren ausgepresst werden, als sie sonst bei regelmässiger Filtration ausfliessen. Ob sie nun die der Wand näheren oder der Mitte der Poren näheren sind, ist hiermit nicht entschieden. Ein Maass des durch das Intermittiren des Drucks in das Filtrat geförderten überschüssigen Wassers giebt folgende Betrachtung: Wenn sich in No. 5 für r derselbe Werth hätte finden sollen wie in No. 4, so hätte $f = 1{,}98214$ seyn müssen; nun kann man sich 8,56 Grm. von 1,90765 Proc., welches der Betrag des wirklichen Filtrats einer Stunde war, vorstellen als zusammengesetzt aus 8,238 Grm. von 1,98214 Proc. und 0,322 Grm. Wasser; die circa acht Tropfen, welche in den 8 bis 9 Pausen einer Stunde fielen, und welche man auf 0,7 Grm. schätzen kann, förderten also 0,322 Grm. überschüssigen Wassers und 0,378 Grm. davon waren Flüssigkeit von der Concentration des übrigen Filtrats.

Eine kleine Fehlerquelle verdient in Bezug auf die Versuche mit intermittirendem Druck noch der Beachtung. In der Einleitung dieser Abhandlung bei Beschreibung meiner Versuchsmethode habe ich gesagt, dass man durch die Verdunstung im luftverdünnten Raume etwa 0,0053 Grm. Wasser aus dem Filtrate verliere. Ein gewisser Antheil dieses Wasserverlustes wiederholt sich nun bei dem wiederholten Pumpen. Wird nämlich im Laufe des Versuchs, z. B. 16mal soweit ausgepumpt, dass der Stand des Manometers 120^{mm} ist, so beträgt der hierdurch herbeigeführte Wasserverlust $16 . \frac{120}{760} . 0{,}0053 = 0{,}0134$, und es kommen zu jenen 0,0004 r, um welche r zu gross gefunden wird noch 0,0010 r hinzu. Immerhin ist dieser Fehler klein genug, um vernachlässigt zu werden.

Im übrigen *bestätigt diese Versuchsreihe mit frischem Herzbeutel,* dass unter sonst gleichen Umständen r *kleiner*

ist bei geringerem Drucke, wie aus No. 3 verglichen mit 4, aus 2 verglichen mit 5, 6 und 8, 7 und 9 hervorgeht; dafs ferner *r kleiner ist bei geringerem Procentgehalt der oberen Lösung*, wie aus 3 und 6, 2 und 7, 4 und 8, 5 und 9 sich ergiebt; dafs *auch solche Lösung, welche schon einmal durch Haut filtrirt war, bei wiederholter Filtration an Gehalt verliert, dafs insbesondere auch bei ihr bei intermittirendem Druck r kleiner ausfällt als bei constantem*, wie 11 und 12 beweisen. Allerdings ist hierbei *r*, absolut genommen, etwas gröfser als unter gleichen Umständen bei frisch bereiteter Lösung, dabei auch die Filtrationsgeschwindigkeit etwas vergröfsert, allein diefs kann auch Folge der bereits aus anderen Reihen bekannten Veränderung in der Beschaffenheit der Haut seyn, die schon zum sechsten Tage in Gebrauch war. Leider fehlte mir die Zeit hierüber durch einen nachfolgenden Versuch mit frisch bereiteter Lösung zu entscheiden.

VII. Reihe.

Herzbeutel frisch. Gummilösungen.

Plan: Den Einflufs der Temperatur auf die Filtration vielseitiger zu untersuchen als in dem einen Versuch der I. Reihe (No. 5) geschehen, der noch dazu wegen der niedrigeren umgebenden Temperatur unrein war. In der Winterzeit konnte ich viel besser über die Temperatur gebieten, indem ich den Apparat in ein ungeheiztes oder mehr oder weniger stark geheiztes Zimmer versetzte, und hinreichende Zeit vergehen liefs, bis alles gleichmäfsige Temperatur angenommen hatte. Aufserdem sollte ein Vergleich dieser Reihe mit der vorhergehenden lehren, ob verschiedene frisch angewendete Herzbeutel sich in Bezug auf Filtration gleich verhalten.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. a / b	ob. Lös. c	Filtr. f	r = f : c
1	17/11	11,3	220	14,24	2,82999 2,83517	2,83258	2,39717	0,8463
2	»	11,2	120	6,22	2,82999 2,86690	2,84844	2,23892	0,7860
3	18/11	22,4	220	14,73	2,82999 2,90433	2,86716	2,28052	0,7954
4	»	24,8	120	7,21	2,82999 2,95394	2,89196	2,12238	0,7339
5	»	23,3	220	16,58	1,56918 1,62292	1,59605	0,97664	0,6119
6	»	25,6	120	9,10	1,56918 1,58833	1,57876	0,84208	0,5334
7	»	30,2	160	15,89	1,84057 1,92791	1,88424	1,27340	0,6758[1])
8	19/11	13,3	120	7,68	1,56918 1,58948	1,57933	0,93218	0,5902
9	»	13,1	220	14,54	1,56918 1,61663	1,59291	1,02282	0,6421
10	»	14,3	160	10,72	1,85142 1,94190	1,89666	1,34375	0,7085[1])
11	20/11	13,8	120	7,00	2,82999 2,87966	2,85483	2,21698	0,7766
12	21/11	23,6	120	7,29	2,82999 2,90688	2,86843	2,23521	0,7792[2])

Resultate. Ich kann nicht umhin, diese Reihe als besonders gelungen zu bezeichnen, und zwar, was nicht von mir abhing, vornehmlich deshalb, weil im ganzen Verlauf desselben kaum eine Spur von Veränderung der Haut, weder in Bezug auf Quantität noch auf Qualität des Filtrats sich wahrnehmbar macht. Diefs zeigt sogleich eine Vergleichung von No. 2 und 11 abgesehen von aller anderer Regelmäfsigkeit. Ich werde daher an sie, und später in Verbinduug mit ihr an die nächstfolgende Reihe einige längere Discussionen knüpfen.

Vor allen zeigt sich durchgängig, dafs *bei höherer Tem-*

1) Filtrat früherer Versuche.

2) Aeufsere Temperatur 17°,0, daher bedeutender Niederschlag an den Wänden des Recipienten.

peratur die Filtrationsgeschwindigkeit gröfser aber der relative Procentgehalt des Filtrats kleiner ist. Denn für die obere Lösung von circa

2,85 Proc. ist	bei 220^{mm} Dr. u.	$11^{\circ},3$ C.	$r =$ 0,8463	cf. No.	1
»	»	22 ,4	0,7954		3
»	120	11 ,2	0,7860		2
»	»	24 ,8	0,7339		4
1,59	220	13 ,1	0,6421		9
»	»	23 ,3	0,6119		5
»	120	13 ,3	0,5902		8
»	»	25 ,6	0,5334		6

Auch diese Erscheinung erklärt sich vortrefflich aus der bereits durch die VI. Reihe begründeten Annahme von Schichten verschiedener Concentration in den Poren der Haut. Vorauszuschicken ist nämlich, dafs die Zähigkeit der Gummilösungen mit der Temperatur weit weniger rasch abnimmt als die des Wassers. Denn der Poiseuille'sche Temperaturcoëfficient $(1 + 0{,}0336793\,t + 0{,}0002209936\,t^2)$, welcher nach meinen frühern Untersuchungen über Filtrationsgeschwindigkeit (diese Ann. XCIX., S. 337) auch die mit der Temperatur wachsende Filtrationsgeschwindigkeit von Wasser durch thierische Haut ausdrückt, würde für die Temperaturen von No. 1 und 3 die Werthe 1,40880 und 1,86531 annehmen, welche im Verhältnifs 1 : 1,324 stehen; dagegen giebt die Beobachtung an der Gummilösung von 2,85 Proc. nur ein Verhältnifs der Geschwindigkeiten = 1 : 1,034; für die Temperaturen des 9. und 5. Versuchs ist nach obigem Coefficienten das Geschwindigkeitsverhältnifs filtrirenden Wassers 1,47912 : 1,90471 = 1 : 1,288, während sich für Gummilösung von 1,59 Proc. durch die Beobachtung gefunden hat 1 : 1,140; man sieht also, dafs sich diefs Verhältnifs dem des Ausflusses von Wasser wegen des geringeren Gummigehaltes mehr nähert, doch aber noch weit davon entfernt bleibt. Wären nun alle Schichten in den Poren von gleichem Gummigehalte, so würden alle durch die steigende Temperatur zwar beschleunigt, allein

der relative Procentgehalt des Filtrats, *r*, dadurch nicht geändert werden. Sind dagegen einige Schichten wässriger als die übrigen, so werden sie bei erhöhter Temperatur stärker beschleunigt und *r* mufs einen kleineren Werth annehmen. *Die Abnahme des relativen Procentgehaltes des Filtrats mit steigender Temperatur erklärt sich hiernach aus der Thatsache, dafs die Zähigkeit der Gummilösungen mit der Temperatur weniger rasch abnimmt als die des Wassers, und aus der Annahme von Schichten verschiedener Concentration innerhalb der Poren der Haut.*

Die Versuche unter No. 7 und 10 zeigen, dafs *die Filtration solcher Flüssigkeit, welche schon einmal durch die Haut gegangen ist, auch hinsichtlich des Einflusses der Temperatur demselben Gesetze unterliegt, wie die frisch bereiteten Lösungen.* Ueberdiefs ergaben sich hier *für die Filtrationsgeschwindigkeit solcher Lösung und den relativen Procentgehalt ihres Filtrats keine von den Versuchen mit frischen Lösungen wesentlich abweichende Zahlen.* Und die Versuche dieser Reihe sind in dieser Hinsicht als entscheidender anzusehen als die früheren Reihen, weil hier erwiesenermafsen die Wirksamkeit der Haut unverändert geblieben war.

Eine Vergleichung der VII. Reihe mit der VI. zeigt, dafs die absoluten Werthe der Filtrationsgeschwindigkeit und der Gröfse *r* für verschiedene auch frisch angewendete Membranen verschieden ausfallen. In der VII. Reihe waren sie unter gleichen Umständen durchgängig kleiner als in der VI. In dieser Rücksicht sind No. 8 und 9 der VII. mit No. 8 und 6 der VI. Reihe, annähernd auch 1 und 2 der VII. mit 3 und 4 der VI. Reihe vergleichbar. Die Gesetze indefs, nach denen sich *r* mit der Concentration der oberen Lösung und dem Drucke ändert, sind dieselben.

Eine besondere Auseinandersetzung bedarf noch der Versuch No. 12. Absichtlich wurde in ihm die Temperatur der oberen Lösung höher als die Umgebung, und zwar durch häufiges Nachgiefsen wärmerer Lösung ungefähr auf dem Grade von Versuch No. 4 erhalten, in welchem auch der

Druck derselbe war. Somit ist eine Vergleichung von 12 mit 4 möglich, da überdiefs No. 11 die unveränderte Beschaffenheit der Haut nachgewiesen hatte. Die Folge der höheren Temperatur der filtrirenden Lösung war, dafs sich an den inneren Wänden des luftverdünnten Raums viel Wasser niederschlug, am reichlichsten an den oberen Theilen desselben. Die Quantität des niedergeschlagenen Wassers versuchte ich zu bestimmen, indem ich einen kleinen Glaskörper in der mittleren Höhe des Raums aufgestellt hatte, die Menge des hievon niedergeschlagenen Wassers wog und proportional den Oberflächen die an der ganzen Wand niedergeschlagene Menge berechnete. An dem Glaskörper von 1738 Quadratmillim. Oberfläche hatten sich 0,035 Grm. Wasser niedergeschlagen, und da die innere Oberfläche des Recipienten (abgerechnet den inneren Glascylinder mit der Membran und das untergestellte Gefäfs) ungefähr 54000 Quadratmillim. betrug, so würde sich die Gesammtmenge des verdunsteten Wassers auf 1,085 Grm. berechnen. Abgesehen von vielen an den Wänden haftenden Dunstbläschen waren 9 gröfsere Tropfen herabgeronnen, welche zusammen auf 0,75 Grm. geschätzt werden konnten, was jener Rechnung wenigstens nicht widerspricht. Aus der Quantität des Rückstandes von 137,6 Grm. und seinem Procentgehalte nebst der Menge (10,93 Grm.) und dem Gehalte des Filtrats und dem Procentgehalte der ursprünglichen Lösung findet sich die Menge des durch Verdunstung verlornen Wassers, wovon nach anderen Erfahrungen etwa 0,3 bis 0,4 Grm. auf das in die äufsere Atmosphäre verdampfte Wasser zu rechnen ist. Es scheint also die vorhin gefundene Zahl von 1,085 Grm. für das im Recipienten verdampfte Wasser ziemlich gesichert zu seyn. Nun würde man gemäfs No. 4 für No. 12 mit Rücksicht auf die ein wenig niedrige Temperatur $r = 0{,}74$ haben erwarten können, und der gefundene Werth $r = 0{,}7792$ ist mithin gröfser ausgefallen. Rechnet man jedoch andererseits zu den 10,93 Grm. des Filtrats von 2,23521 Proc. noch 1,08 Grm. Wasser hinzu, so ergiebt sich der Procentgehalt der wirk-

lich durch die Haut gegangenen Flüssigkeiten 2,03421 und in Folge dessen $r = 0,7092$, also weit kleiner als in No. 4. Man sieht also, die Verdunstung ist Ursache gewesen, dafs mehr Wasser die Haut passirt ist, als ohnedem geschehen seyn würde. Bedenkt man nun noch, dafs jene, auf 1,085 Grm. angeschlagene, verdunstete Wassermenge theils von der Haut theils aus dem untergestellten Gefäfs herrührte, und dafs diese beiden verdunstenden Oberflächen sich wie 7225 : 2209 verhielten, so ist der auf die Haut fallende Antheil der Verdunstung 0,831 Grm., der auf das Gefäfs fallende 0,254 Grm., und die ganze an den Versuch No. 12 geknüpfte Betrachtung und Rechnung läfst sich also zusammenfassen: Abgesehen von der Verdunstung im luftverdünnten Raume mufste man gemäfs den übrigen Bedingungen $r = 0,74$ erwarten; dem würde als Procentgehalt des Filtrats 2,12264 entsprochen haben, und da die Menge festen Gummis im wirklich gesammelten Filtrat 10,93 . 0,0223521 = 0,244308 Grm. war, so läfst diefs auf eine ursprüngliche Filtrationsmenge von 11,509 schliefsen. Nun wurde nach ziemlich sicherer Schätzung durch die Verdunstung im luftverdünnten Raume der unteren Seite der Membran 0,831 Grm., dem untergestellten Gefäfs aber 0,254 Grm., dem ganzen Filtrat also 1,085 Grm. Wasser entzogen; die Filtrationsmenge würde sich also dadurch auf 10,424 Grm. gemindert haben; trotz dem wurden 10,93 Grm. im Gefäfs vorgefunden; die der Haut entzogenen 0,831 Grm. Wasser wurden also durch nachdringende 0,506 Grm. Wasser zum gröfsten Theil wieder ersetzt; der Procentgehalt des wirklich von der Haut abfliefsenden Filtrats stellt sich dadurch auf 2,18445 und r auf 0,7615, während ohne das Nachdringen des Wassers der Procentgehalt des Filtrats durch den Wasserverlust auf 2,28796 und r auf 0,7976 gestiegen seyn würde. In Folge der Verdunstung von 0,254 Grm. aus dem untergestellten Gefäfs endlich erschien der Procentgehalt des gesammelten Filtrats = 2,23521 und $r = 0,7792$. Das Resultat, welches ich aus diesem Versuche ziehe, ist: *wenn an der unteren, freien Oberfläche der Membran der die-*

selbe durchdringenden Gummilösung Wasser entzogen wird, dieser Verlust zum grofsen Theil, wenn auch nicht völlig, ersetzt wird dadurch, dafs das Wasser im Verhältnifs zum Gummi schneller nachdringt, im Ganzen also eine verdünntere Lösung die Haut durchwandert, als es den sonstigen Bedingungen der Filtration entspricht. Ich habe diesen Versuch nicht allein seiner physikalischen Bedeutung wegen, sondern auch um deswillen ausführlich discutirt, weil er mir für physikalische Vorgänge im Pflanzen- und Thierkörper von Interesse zu seyn scheint.

VIII. Reihe.

Ein neues Stück von Herzbeutel der vorigen Reihe, nicht frisch. Gummilösungen.

Plan: Zu untersuchen in wiefern die Filtrationserscheinungen sich ändern, wenn die Haut so behandelt worden ist, wie in Reihe I bis V geschehen ist. Um einen zuverlässigen Vergleich ziehen zu können, glaubte ich nicht unmittelbar die genannten Reihen mit der VI. und VII. zusammenstellen zu dürfen, sondern ich benutzte zu einigen neuen Versuchen ein Stück des in der vorigen Reihe gebrauchten Herzbeutels, das auf die bekannte Weise behandelt war.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. a / b	ob. Lös c	Filtr. f	$r = f : c$
1	$\frac{26}{11}$	16,7	120	2,49	2,82999 3,01348	2,92174	1,26786	0,4329
2	$\frac{27}{11}$	16,3	120	4,14	1,56918 1,66037	1,61477	0,55128	0,3414
3	$\frac{28}{11}$	18,7	120	4,98	2,82999 2,92077	2,87538	1,72466	0,5998

Resultate. Bei solcher Haut, welche vor der Filtration mit Weingeist behandelt und nach dem Ueberspannen getrocknet worden ist, fällt die Filtrationsgeschwindigkeit und zugleich der Werth von r, namentlich zu Anfange einer Versuchsreihe weit geringer aus als bei frischem Herzbeutel. Der Versuch unter No. 3 wurde angestellt, nachdem in-

zwischen die Haut zu einer Anzahl später verworfener Versuche mit Kochsalzlösung benutzt worden war. Er zeigt, wie bei früherer Gelegenheit schon erwähnt, dafs für vorher getrocknete Membran mit längerem Gebrauch die Filtrationsgeschwindigkeit und zugleich der Werth von *r* allmählich steigt. Ueberhaupt lassen sich die Werthe von *r* aus der VII. und VIII. Reihe folgendermafsen zusammen stellen.

Druck	Temp.	Membran	*r* für *c* = 2,872 Proc.	*r* für *c* = 1,592 Proc.	Beleg
220	11,3—13,1	frisch	0,8463	0,6421	VIII, 1 u. 9
120	11,2—13,3	frisch	0,7860	0,5902	VII, 2 u. 8
220	22,4—23,3	frisch	0,7954	0,6119	VII, 3 u. 5
120	24,8—25,6	frisch	0,7339	0,5334	VII, 4 u. 6
120	16,7—16,3	nicht frisch	0,4329	0,3414	VIII, 1 u. 2

Man findet aus dieser Zusammenstellung, dafs die Werthe von *r* in der ersten Columne für eine obere Lösung von circa 1,592 Proc. sind. Denn es sind die Verhältnifszahlen

der ersten Columne 1 : 0,929 : 0,940 : 0,867 : 0,512
» zweiten » 1 : 0,919 : 0,953 : 0,831 : 0,532,

eine Uebereinstimmung, welche in Anbetracht, dafs weder für je zwei verglichene Versuche die Temperatur völlig gleich, noch für jede der beiden Columnen die Concentration der oberen Lösung durchgängig genau dieselbe war, völlig befriedigt. Da nun die relativen Procentgehalte der Filtrate zweier Lösungen von verschiedener Concentration in demselben Verhältnisse unter einander stehen, mag nun der Druck, die Temperatur und sogar die Beschaffenheit der Membran sich ändern, so geht daraus hervor, dafs die Gröfse *r* sich durch einen Ausdruck mathematisch mufs bestimmen lassen, in welchem sich ein ausschliefslich von der Concentration *c* der oberen Lösung abhängiger Factor *C* absondert, während der andere Factor sich mit Druck, Temperatur und Beschaffenheit der Membran ändert, so dafs $r = C \cdot Q$ gesetzt werden kann. Aus der Proportionalität der je vier ersten Zahlen jeder Columne für sich folgt weiter, dafs *Q* zwei Factoren enthalten mufs, unter denen

der eine wohl vom Druck aber nicht von der Temperatur, der andere von der Temperatur aber nicht vom Druck abhängt; ob sich dieselben aber mit der Beschaffenheit der Membran ändern, kann aus den Versuchsreihen VII und VIII allein nicht bewiesen werden, weil in VIII nur unter *einem* Drucke und bei *einer* Temperatur Versuche angestellt wurden. Nehmen wir gleichwohl an, die Beschaffenheit der Haut mache sich nur durch einen von dem übrigen gesonderten Coëfficienten geltend, so würde $r = A.C.D.T$ seyn, wo A den Membranen, C den Concentrations-, D den Druck-, T den Temperaturcoëfficienten bedeutet. Ueber die drei Functionen C, D und T von Concentration der oberen Lösung, Druck und Temperatur läfst sich noch aussagen, dafs C im Verhältnifs 1 : 0,76 (0,76 ist das Mittel der fünf Quotienten 0,759, 0,751, 0,769, 0,727 und 0,789 aus je zwei nebeneinander stehenden Zahlen der beiden Columnen) abnimmt, während die Concentration von 2,872 bis 1,592 abnimmt; dafs ferner D nach dem Verhältnifs 1 : 0,911 (das ist das Mittel aus 0,8463 : 0,7860 = 1 : 0,929; 0,7954 : 0,7339 = 1 : 0,923; 0,6421 : 0,5902 = 1 : 0,919 und 0,6119 : 0,5334 = 1 : 0,872) abnimmt, während der Druck von 220 auf 120 sinkt, dafs endlich T im Verhältnifs 1 : 0,93 (Mittel aus 0,940, 0,934, 0,953 und 0,904) abnimmt, während die Temperatur von circa 12° auf 24° steigt. Zur Unterstützung der Annahme, dafs sich die Beschaffenheit der Membran wenigstens nicht im Factor D geltend mache, gehen wir nochmals auf einige Versuche der VI. Reihe zurück, in welcher die fast unveränderte Beschaffenheit der Haut und damit die ziemlich strenge Vergleichbarkeit der einzelnen Nummern bis zur 10. bewiesen war, und sehen wir ob dort bei Gebrauch eines andern Herzbeutels r für dieselbe Druckveränderung sich nach demselben Verhältnifs ändert, wie in der VII. Reihe. Es zeigt sich aber, dafs dort für die beiden Drücke von 220 und 120^{mm} r einmal von 0,8996 auf 0,8154 (No. 3 und 4) und ein anderesmal von 0,7609 auf 0,7049 (No. 6 und 8) herabgegangen ist, also sich im Mittel nach dem Verhältnifs 1 : 0,916 geändert hat;

die Versuche mit intermittirendem Druck geben für die Druckdifferenz von 220 und 120 im Mittel 1 : 0,911; aber selbst von diesen bei der gegenwärtigen Frage abgesehen, so kommt das Verhältnifs 1 : 0,916 dem aus der VII. Reihe abgeleiteten 1 : 0,911 nahe genug, um zu bestätigen, dafs *D* von der Beschaffenheit der Membran unabhängig ist. Alles zusammengefafst würden meine bisherigen Versuche über Filtration von Gummilösungen, soweit man aus so geringer Zahl ein allgemeines Gesetz abzuleiten wagen darf, folgendes Ergebnifs liefern: *Der relative Procentgehalt r des Filtrats von Gummilösungen ist mathematisch bestimmbar durch eine Formel* $r = ACDT$, *wo A ein von der Beschaffenheit der Membran abhängiger Factor, C eine reine Function der Concentration der oberen Lösung, D eine reine Function des Druckes, T eine Function der Temperatur ist; nur von T blieb es unentschieden, ob die Beschaffenheit der Haut darauf einen Einflufs hat; C vermindert sich im Verhältnifs* 1 : 0,76, *während die Concentration der oberen Lösung von* 2,872 *Proc. auf* 1,592 *Proc. abnimmt; D vermindert sich im Verhältnifs* 1 : 0,91, *während der Druck von* 220^{mm} *auf* 120^{mm} *Quecksilber sinkt; T vermindert sich beim Gebrauch einer Membran im Verhältnifs* 1 : 0,93, *während die Temperatur von* 12° *auf* 24° *C. stieg.*

IX. Reihe.

Ein Stück eines neuen Herzbeutels, frisch. Lösungen von Gummi- und Harnstoff und einfache Gummilösungen.

Plan: Das Verhalten zusammengesetzter Gummi- und Harnstofflösungen bei der Filtration zu beobachten, analog der Untersuchung über Gummi- und Kochsalzlösungen in der IV. Reihe. Aufserdem die Filtration reiner Gummilösungen bis zu sehr geringen Procentgehalten zu verfolgen. In den Columnen *a*, *b*, *c* und *f* bezeichnen die vorgesetzten Buchstaben *H* und *G* den Gehalt an Harnstoff und an Gummi.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös *a* *b*	ob. Lös. *c*	Filtr. *f*	$r = f : c$
1	$\frac{2}{2}$	15,6	120	5,90	*H* 2,2335 2,2299	2,2317	2,2491	1,0078[1])
					G 2,2356 2,3222	2,2789	1,8562	0,8145
2	»	18,1	120	6,06	*H* 3,1315 3,1085	3,1200	3,2302	1,0353[1])
					G 0,9376 0,9961	0,9668	0,6866	0,7102
3	$\frac{3}{2}$	19,0	120	5,72	*H* 0,8585 0,8504	0,8545	0,8974	1,0503[1])
					G 0,8702 0,9640	0,9171	0,4169	0,4546
4	»	18,2	160	4,49	2,17025 2,30870	2,23947	1,32657	0,5924[2])
5	$\frac{4}{2}$	16,9	160	4,21	1,17279 1,31826	1,24552	0,39530	0,3174[2])
6	$\frac{5}{2}$	18,1	160	5,84	0,57208 0,59241	0,58225	0,04612	0,0792[2])
7	$\frac{7}{2}$	17,3	160	4,86	*H* 2,1060 2,1475	2,1267	2,1200	0,9968[3])
					G 2,1918 2,3916	2,2917	1,4525	0,6338
8	»	18,4	160	6,28	*H* 2,1472 2,1828	2,1650	2,2002	1,0163[3])
					G 1,1979 1,3668	1,2824	0,5854	0,4565
9	»	19,2	160	7,05	*H* 0,7996 0,7883	0,7939	0,8751	1,1022[3])
					G 0,8050 0,9614	0,8832	0,2228	0,2523

Resultate. Enthält die obere Lösung Gummi und Harnstoff, so ist das Filtrat (mit Ausnahme von No. 7) *an Harnstoff reicher als die obere Lösung, und zwar um so mehr, je mehr der Gehalt an Gummi im Filtrat gegen den in der oberen Lösung zurücktritt*; der Ueberflufs des Gehalts an Harnstoff steigt bis über 10 Proc. des ursprünglichen in einem Falle, wo der Gehalt des Filtrats an Gummi nur noch 25 Proc. des ursprünglichen betrug. Die Beschaffenheit der Membran hat sich während der Zeit ihres

1) Lösung von Gummi und Harnstoff.

2) Gummilösung.

3) Lösung von Gummi und Harnstoff.

Gebrauchs einigermafsen geändert, denn in No. 7 ist unter sonst annähernd gleichen Bedingungen die Filtrationsgeschwindigkeit kleiner als in No. 1, obwohl der Druck 40^{mm} gröfser ist. Da jedoch die Versuche mit reiner Gummilösung in der Mitte zwischen den beiden Gruppen mit zusammengesetzten Lösungen liegen, so lassen sie immerhin einige Vergleichung mit jenen zu und diese zeigt, dafs der relative Procentgehalt an Gummi bei Anwendung solcher Lösungen, welche aufser Gummi auch Harnstoff enthalten, unter sonst gleichen Bedingungen etwas gröfser ist als bei reinen Gummilösungen, und dafs durch die Anwesenheit des Harnstoffs auch die ganze Filtrationsgeschwindigkeit verglichen mit der einer gleichprocentigen reinen Gummilösung etwas beschleunigt wird.

Aus den Versuchen No. 4 bis 6 für sich genommen geht hervor, dafs *auch bis zu sehr geringen Procentgehalten reiner Gummilösungen r desto kleiner wird und sich der Null nähert, je kleiner der Gehalt der oberen Lösung ist.* Also nicht allein der Procentgehalt des Filtrats, sondern der Quotient aus diesem und dem Gehalte der oberen Lösung nähert sich mit seinem Nenner der Null. In der durch die Reihen V, VI und VII begründeten Vorstellungsweise, von dichteren und wässrigeren, in den Poren der Haut existirenden Lösungsschichten, ausgedrückt würde diefs Resultat lauten: *Die gummiführenden Schichten nehmen an Ausdehnung neben den wässrigen Schichten um so mehr und bis zu Null ab, während die Concentration der oberen Lösung bis Null herabsinkt.* Ich habe versucht *r* als Function der Concentration, d. h. also die in den Resultaten zur VIII. Reihe mit *C* bezeichnete Gröfse, graphisch darzustellen, indem ich drei Abscissen proportional den Concentrationen 0,58, 1,25 und 2,24 und die zugehörigen Ordinaten proportional den Werthen von *r*, 0,08, 0,32 und 0,59 gesetzt, und die Endpunkte der letzteren durch einen Zug verbunden habe mit Rücksicht darauf, dafs nach den Ergebnissen der VIII. Reihe die zu den Concentrationen 1,59 und 2,87 gehörigen Werthe von *r* sich wie 0,76 : 1

verhalten müssen. Dadurch habe ich die in Fig. 12, Taf. I gezeichnete Curve erhalten, welche durch den Nullpunkt gehend sich erst langsam, allmählich schneller erhebt, nachher einen Wendepunkt hat und für weiter wachsende Concentrationen eine Asymptote parallel der Abscissenaxe zu haben scheint.

X. Reihe

Membran frisch. Gummilösungen.

Plan: Die Filtration reiner Gummilösungen bis zu sehr geringen Drucken zu verfolgen.

No.	Dat.	Temp.	Druck	Geschw.	ob. Lös. *a* *b*	ob. Lös. *c*	Filtr. *f*	$r=f:c$
1	9/3	20,7	80	2,17	1,48284 1,63406	1,55846	0,78519	0,5038
2	10/3	21,3	45	1,14	1,48284 1,63979	1,56132	0,75876	0,4860
3	»	20,3	160	6,76	1,48284 1,62807	1,55545	0,88141	0,5667
4	»	21,6	80	2,77	1,48284 1,62550	1,55417	0,76738	0,4938

Resultat. Auch für sehr geringe Drucke ist r mit abnehmendem Drucke noch im Abnehmen begriffen. Nimmt man nämlich aus No. 1 und 4 das Mittel, so ist für den

Druck $= 160^{mm}$ $r = 0,5667$
80 0,4988
45 0,4860

doch wird r nicht gleich Null, wenn der Druck bis Null abnimmt. Der vom Drucke abhängige, zur VIII. Reihe mit *D* bezeichnete, Coëfficient ist also nicht unter dem Bilde einer durch den Coordinatenanfang gehenden Linie zu denken. Ihre ungefähre graphische Darstellung ist aus Fig. 13, Taf. I zu ersehen, wo 3 Abscissen proportional dem Drucke von 45, 80 und 160^{mm} und die zugehörigen Ordinaten proportional den zugehörigen Werthen von *r* genommen sind. Verbindet man die Endpunkte der ersten und dritten Ordinate durch eine gerade Linie, so geht dieselbe nur wenig oberhalb des Endpunktes der mittleren hinweg, und liefert

aufserdem für die Abscissen 120 und 220 Ordinaten, welche sich wie 0,5386 : 0,6088, d. i. nahe wie 0,9 : 1, verhalten, wie es dem Ergebnifs der VIII. Reihe ungefähr entspricht. Drücken wir auch diefs Resultat so aus, dafs wir die Vorstellung von Schichten verschiedener Concentration zu Grunde legen, welche die Poren der Haut erfüllen, so lautet es: *Die Menge von Gummilösung, welche neben den wässerigen Schichten die Canäle der Membran erfüllt, hängt in erster Instanz nicht vom Druck ab; auch beim Druck = 0 dringt neben dem Wasser eine gewisse Quantität Gummilösung ein, welche mit der Concentration der oberen Lösung wächst; allein mit wachsendem Drucke vergröfsert sich entweder das Volumen dieser eingedrungenen Lösung einigermafsen, oder* (was mir jedoch weniger wahrscheinlich ist) *es vergröfsert sich die Ausflufsgeschwindigkeit der Lösungsschichten in rascherem Verhältnifs als die der wässerigen.*

Die Ergebnisse meiner Versuche über Filtration von Gummilösungen glaube ich folgendermafsen am einfachsten unter gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zu bringen. Gummi bildet mit Wasser eine Lösung, d. h. es findet zwischen den Molecülen beider Stoffe eine solche gegenseitige Anziehung statt, dafs, so lange sie nicht in das Bereich eines dritten Körpers kommen, zwischen diesen Kräften erst dann ein Gleichgewichtszustand erreicht wird, wenn die Flüssigkeit homogen ist, d. h. wenn gleiche auch noch so kleine Massentheile gleich viel von jedem Stoff enthalten, zu diesem Ende mufs also jene Molecularanziehung stärker seyn als die Cohäsionskraft des Gummi und des Wassers. Durch Berührung mit einem andern Körper wird jener Gleichgewichtszustand geändert, und zwar um so bedeutender, je mehr die Anziehung dieses dritten Körpers gegen den einen von beiden die Lösung bildenden Stoffen diejenige gegen den andern, sowie die, die Auflösung herbeiführende, Molecularanziehung übersteigt, und je mehr Berührungspunkte auf gleichem Raume sich befinden; beide Bedingungen sind in den Poren einer Membran in hohem Grade erfüllt. Wenn

nämlich zwischen der Substanz der Membran und Wasser eine stärkere Anziehung besteht, als zwischen ersterer und Gummi, so wird an den Berührungsflächen sich reines Wasser ausscheiden und die Gummimolecüle gleichsam abgestofsen werden. Dieser Scheidung wirkt die Anziehung zwischen Wasser und Gummi entgegen, und da innerhalb der Räume der Poren die Entfernung von den Wänden mit gröfserer Annäherung nach der Axe wächst, also das Maafs jener Abstofsungskraft gegen die Gummimolecüle abnimmt, die Entfernung der letzteren aber von den Wassertheilchen an den Eingängen der Canäle überall nur gleich einem Molecularzwischenraume ist, so dringen die Gummitheilchen in den axialen Raum der Poren ein und zwar um so reichlicher, je gröfser die Summe der Anziehungskräfte der Gummitheilchen gegen die Wassertheilchen in der Raumeinheit ist, d. h. je concentrirter die Auflösung ist. So sind die Poren der Membran, welche man sich der Einfachheit wegen cylindrisch denken mag, von einer wässerigen Wandschicht und vielen nach der Axe der Cylinder zu concentrirter werdenden, höchstens die Concentration der oberen Lösung erreichenden Lösungsschichten erfüllt. Alle diese Schichten sind, wenn von Seiten der Lösung ein Druck ausgeübt wird, in Bewegung nach der vom Druck abgewendeten Seite mit einer gewissen Geschwindigkeit, die neben der Gröfse des Druckes theils von der Zähigkeit jeder einzelnen Schicht, theils von ihrem Abstande von der Axe abhängt, jedenfalls aber für die Wandschichten bis Null abnimmt. Im Resultate der Filtration wird es nichts ändern, im Ausdrucke aber eine Bequemlichkeit bieten, wenn man statt dessen sich *einen* mittleren Faden von der Concentration c der oberen Lösung mit gewisser Geschwindigkeit und *eine* concentrische Wandschicht von Wasser mit gewisser im allgemeinen anderer Geschwindigkeit vorstellt. So kommt es, dafs das Filtrat wässeriger ist als die obere Lösung und zwar um so mehr sich von der letzteren unterscheidet, je voluminöser die wässerige Wandschicht im Verhältnifs zum mittleren Faden und je gröfser das Ver-

hältnifs der Geschwindigkeit beider ist. Da nun der mittlere Faden an Ausdehnung gewinnt, wenn die Concentration der oberen Lösung wächst, so ist damit auch der relative Procentgehalt des Filtrats gröfser. Auch der von oben ausgeübte Druck mufs zur Folge haben, dafs ein Theil jener von der Substanz der Haut ausgeübten Scheidungskraft aufgehoben, also das Volumen des mittleren Fadens und damit der relative Procentgehalt des Filtrats vergröfsert wird. Bei steigender Temperatur ferner vermindert sich die Zähigkeit, steigert sich also die Ausflufsgeschwindigkeit aller Schichten; doch steigert sich die des Wassers rascher als die der Gummilösung, folglich nimmt das Verhältnifs der Geschwindigkeiten der Wandschicht und der Mittelschicht zu und damit der relative Procentgehalt des Filtrats ab. Wird durch irgend eine Ursache, z. B. durch Verdunstung, an der vom Druck abgewendeten Seite der Membran Wasser entzogen, so ziehen die dadurch von Wasser entblöfsten Wandflächen, welchen ohnedem die concentrirteren Schichten näher gerückt werden würden, aus der Umgebung und in letzter Instanz aus dem Vorrath der oberen Lösung mehr Wasser an sich, daher der gröfste Theil des entzogenen Wassers durch Nachdringen neuen Wassers ersetzt wird. Hiermit sind die Erscheinungen der Filtration reiner Gummilösung erklärt.

Befindet sich nun neben dem Gummi ein zweiter löslicher Stoff (z. B. Kochsalz oder Harnstoff) im Wasser, für welchen die Molecularanziehung zum Wasser gröfser ist als für Gummi, so läfst sich zwar annehmen, dafs die nunmehr auch von Salzmolecülen umgebenen Wassermolecüle in Summa nicht mehr aus solcher Nähe und also nicht mehr mit solcher Stärke die Gummimolecüle anziehen, und wahrscheinlich wird auch die so verminderte Anziehung des Wassers nicht, oder nur schwach, durch eine Anziehungskraft von Seiten des Salzes unterstützt; aber wenn nur jene verminderte Anziehung des Wassers noch die Cohäsionskraft des Gummi überwiegt, so bilden trotzdem alle drei Körper im freien Raume eine homogene Lösung. Dabei wird

durch die Abwesenheit des Gummi's auch ein Theil der Anziehungskraft des Wassers gegen das Salz (den Harnstoff) aufgehoben. Kommt nun eine solche Lösung in Berührung mit einer Membran, so wird zunächst durch die überwiegende Anziehungskraft der Substanz der Haut Wasser ausgeschieden und Gummi und Salz (Harnstoff) zurückgestofsen. Dieser Abstofsungskraft wirkt jedoch die Anziehungskraft des Wassers gegen die festen Stoffe entgegen, und diefs wird sich für denjenigen von beiden, gegen welchen die Anziehungskraft des Wassers gröfser ist, also für das Salz (den Harnstoff), in weit geringerer Entfernung von der Haut und in gröfserem Maafse geltend machen, als für den andern. Ja, weil hier das Wasser isolirt, nicht, wenn ich mich so ausdrücken darf, durch die Nähe des Gummi's gebunden ist, oder vielleicht auch weil die Anziehungskraft der Haut gegen Salz (Harnstoff), wenn gleich geringer als gegen Wasser doch gröfser als gegen Gummi ist, kann sich hier eine Lösung bilden, die selbst reicher an Salz (Harnstoff) ist als eine solche Lösung, welche aus der oberen Lösung einfach durch Entziehung des Gummi's hervorgehen würde. Aus jedem von beiden Gründen würde es erklärlich seyn, dafs das Filtrat an Salz (Harnstoff) in den meisten Fällen reicher ist als die obere Lösung, und zwar um so mehr, je weniger voluminös die mittlere Schicht von Gummilösung ist, je mehr also der relative Procentgehalt des Filtrats in Bezug auf Gummi vermindert ist.

Um eine noch vollständigere Einsicht in die zwischen Membran, Wasser und Kochsalz oder Harnstoff wirksamen Kräfte zu erlangen und daraus das Filtrationsverhalten zusammengesetzter Lösungen beurtheilen zu können, ist es nöthig mindestens ebenso ausgedehnte Versuchsreihen über die Filtration einfacher Lösungen dieser Körper anzustellen, als ich es mit Gummilösungen gethan habe. Ich vermuthe, wie auch aus obiger Darstellung hervorgeht, dafs die gewöhnliche Annahme, Auflösungen von Salzen und ähnlichen Substanzen lieferten ein mit der ursprünglichen Lösung gleich concentrirtes Filtrat, nicht ganz richtig sey, und habe

zur Beantwortung dieser Frage mehrere Versuchsreihen ausgeführt, genau der Methode folgend, welche bei Gummi- und Eiweifslösungen befriedigende Resultate geliefert hatte. Allein der Umstand, dafs der Quotient $r = f:c$ bei Filtration verschieden starker Lösungen desselben Salzes bald kleiner, bald gröfser als 1 war, machte mich glauben, dafs die Versuche unbrauchbar seyen, und ich liefs meine darüber gemachten Notizen, welche ich zufällig nicht sogleich in mein Tagebuch eingetragen hatte, verloren gehen. Versuche, die ich seitdem mit etwas veränderter Methode angestellt und die ich für zuverlässiger halten mufs, haben jedoch kein anderes Resultat geliefert. Aus zwei Gründen hielt ich meine früheren Versuche über Filtration von Salzlösungen für weniger zuverlässig: Bei meiner bisherigen Versuchsmethode war nämlich die Verdunstung der oberen Lösung nicht ausgeschlossen. Bei der Filtration von Gummilösungen that diefs keinen Eintrag, da die Abweichungen des Filtrats in der Concentration immer sehr bedeutend waren, da ferner in Folge dessen sich die obere Lösung ohnehin weit mehr veränderte als durch die Verdunstung geschah, und ich endlich den relativen Procentgehalt des Filtrats immer auf das Mittel der gemessenen anfänglichen und schliefslichen Concentration der oberen Lösung bezog. Bei den Salzlösungen jedoch war der Procentgehalt f des Filtrats immer zwischen die beiden Gehalte a und b gefallen, welche die obere Lösung zu Anfang und Ende des Versuchs besessen hatte, und zwar nahe dem arithmetischen Mittel c aus beiden. Eine sichere Entscheidung konnte nun in diesen Versuchen nicht liegen; denn nimmt man z. B. an, dafs die Verdunstung in der ersten Hälfte der Versuchszeit rascher erfolgte als in der letzten, so war der wirkliche Procentgehalt der oberen Lösung eine längere Zeit hindurch gröfser als das arithmetische Mittel c und eine kürzere Zeit unter c, und f mufste schon deshalb gröfser als c ausfallen, wenn auch die Salzlösungen unverändert filtrirten. Ein anderer Grund, warum ich den früheren Versuchen mit Salzlösungen nicht völlig traute, bestand darin,

dafs ich bei Bestimmung des specifischen Gewichts der Lösungen nicht so sorgfältig als möglich darauf geachtet hatte, dafs die Temperaturen der verglichenen Lösungen gleich waren. Denn aus den mitgetheilten Tabellen ersieht man, dafs die Auflösungen einer andern Ausdehnung unterliegen als das Wasser, so dafs z. B. für eine Kochsalzlösung, welche bei 16° 1,0225 mal schwerer als Wasser von gleicher Temperatur ist, sich aus den Tabellen der Procentgehalt 3,09511 ergiebt, während er sich auf 3,10323 berechnet, wenn man die Salzlösung bei 17° 1,0225 mal schwerer als Wasser von der gleichen Temperatur gefunden hat. Nun versteht es sich allerdings von selbst, dafs ich nicht allein bei allen specifischen Gewichtsbestimmungen sondern auch bei den darauf gegründeten Berechnungen des Procentgehaltes die Temperatur genau beachtete: gleichwohl kam durch diese Correctionen einige Unsicherheit in die Zahlen und es war jedenfalls die Vergleichung derjenigen specifischen Gewichte entscheidender, welche bei möglichst gleicher Temperatur gefunden wurden.

Ich theile nun noch eine Versuchsreihe mit, bei welcher ich den genannten Uebelständen möglichst zu begegnen suchte, wenn ich mir gleich nicht verhehle, dafs sie nur ungefähr eine Ansicht von dem abweichenden Verhalten der Salzlösungen gegenüber den Gummilösungen darbietet. Weil ich mich wenigstens davon überzeugt hatte, dafs das Filtrat der Salzlösungen immer sehr wenig von der oberen Lösung verschieden war, so fand ich das Umrühren der oberen Lösung während der Filtration für überflüssig und bedeckte dieselbe sogleich nach der Zusammensetzung des Apparates fest mit einem Deckel, wodurch die Verdunstung zum grofsen Theil ausgeschlossen wurde. Auch bei Bestimmung der specifischen Gewichte suchte ich es möglichst dahin zu bringen, dafs die Temperaturen dabei gleich waren.

XI. Reihe.

Herzbeutel frisch. Filtration von Kochsalzlösungen, Harnstofflösungen und Salpeterlösungen.

Der Druck war für sämmtliche Versuche 120mm. Die ersten drei Versuche wurden am 20. März bei einer Temperatur zwischen 17°,4 und 18°,0, die folgenden drei am 22. März zwischen 14°,8 und 15°,8, die letzten drei am 23. März zwischen 15°,0 und 16°,0 angestellt. Die Constanz des Druckes berücksichtigte ich hier nicht so sorgfältig wie sonst, um den Apparat nicht im geringsten zu stören, daher ich die Filtrationsgeschwindigkeiten nur ungefähr angeben kann; sie waren bei den Kochsalzlösungen 16,4 bis 18,0 Grm. in der Stunde, bei den Harnstofflösungen 18,0 bis 18,7, bei den Salpeterlösungen 21,1 bis 28,2. Statt dessen theile ich die specifischen Gewichtsbestimmungen mit, aus denen die Procentgehalte berechnet wurden, um daraus ersehen zu lassen, auf welchen unmittelbar gemessenen Differenzen die Unterschiede der Concentration beruhen.

No.	Sp. Gew. d. ob. Lösung *a* *b*	Procent-gehalt *a* *b* *c*	Spec. Gew. der Filtration	Procent-gehalt *f*	$r = f : c$
1	1,019689 bei 17°,4 1,019577 » 17°,5	2,71968 2,70519 2,71252	1,019796 bei 17°,7	2,73660	1,0089[1])
2	1,009314 » 18°,0 1,009398 » 18°,6	1,26797 1,27723 1,27260	1,009485 » 18°,8	1,28988	1,0136[1])
3	1,061557 » 18°,9 1,061577 » 19°,0	8,44607 8,45067 8,44837	1,061569 » 19°,0	8,44960	1,0001[1])
4	1,007571 » 16°,0 1,007719 » 15°,0	2,71229 2,76265 2,73747	1,007546 » 15°,8	2,70113	0,9867[2])
5	1,002236 » 16°,0 1,002176 » 17°,2	0,80827 0,79729 0,80278	1,002268 » 17°,1	0,82827	1,0322[2])

1) Kochsalzlösung.

2) Harnstofflösung.

No.	Sp. Gew d. ob. Lösung *a* *b*	Procentgehalt *a* *b* *c*	Sp. Gew. der Filtration	Procentgehalt *f*	$r = f : c$
6	1,013999 bei 12°,7 1,014024 » 12°,9	4,94247 4,95299 4,94773	1,013843 bei 12°,8	4,88735	0,9878[1])
7	1,019491 » 15°,7 1,019470 » 16°,3	3,07765 3,07814 3,07789	1,019443 » 16°,6	3,07581	0,9993[2])
8	1,005379 » 18°,0 1,005553 » 17 ,4	0,85932 0,88583 0,87207	1,005348 » 17°,9	0,85422	0,9795[2])
9	1,043742 » 18°,7 1,043799 » 18°,7	6,85735 6,86600 6,86167	1,043964 » 18°,9	6,89372	1,0047[2])

Resultat. Für Kochsalzlösungen, Harnstofflösungen und Salpeterlösungen ist r immer sehr nahe $= 1$; doch fand sich der Werth dieser Gröfse bei den Kochsalzlösungen etwas gröfser als 1, und zwar am gröfsten für die schwächste Concentration von etwa 1,3 Proc., während er bei der stärksten der gebrauchten Lösungen von etwa 8,4 Proc. fast gleich 1 war. Auch bei den Harnstofflösungen ergab sich für die schwächste Concentration von 0,8 Proc. r gröfser als 1, während er bei den stärkeren Lösungen kleiner als 1 war. Endlich bei den Salpeterlösungen war umgekehrt für die schwächste Concentration von 0,9 Proc. r kleiner als 1 und wuchs nachher so, dafs es für die stärkste von 6,9 Proc. gröfser als 1 war. Ich enthalte mich weiterer hieraus gezogener Schlüsse, bevor nicht eine gröfsere Zahl von Versuchen, zu denen mir jetzt die Zeit gebrach, die Facta sicherer und allseitiger constatirt hat.

1) Harnstofflösung.

2) Salpeterlösung

II. *Vergleichende Bemerkungen über die Krystallform organischer Verbindungen vom Typus des Ammoniaks; von C. Rammelsberg.*

Zu den interessantesten Arbeiten im Gebiete der organischen Chemie gehören unstreitig die von Hofmann und Cahours über die Phosphorbasen, deren Existenz bekanntlich durch frühere Versuche von P. Thénard zuerst angedeutet war.

Die beiden genannten Forscher, insbesondere der Erstere, haben einen Theil der Resultate bekannt gemacht [1]), deren Ausgangspunkt ein nach dem Typus des Ammoniaks constituirter Körper, das *Triäthylphosphin*, ist, ein Ammoniak, dessen Stickstoff durch Phosphor und dessen Wasserstoff durch Aethyl ersetzt ist.

Unter den vielen neuen Verbindungen befinden sich manche zum Theil gut und deutlich krystallisirte. Wenn man sich erinnert, in welcher wesentlichen Beziehung Form und Zusammensetzung stehen, welche beschränkte Zahl organischer Verbindungen jedoch bis jetzt krystallographisch untersucht ist, mufs man es als einen wichtigen Beitrag zur Kenntnifs jener Verbindungen und ihrer Beziehungen zu anderen betrachten, dafs Hr. Prof. Q. Sella in Turin die krystallographische und optische Untersuchung von 22 verschiedenen, ihm von Hrn. Prof. Hofmann übergebenen Körpern aus der Reihe der Phosphorbasen unternommen hat. Diese bei der Kleinheit, unregelmäfsigen Ausbildung und leichten Veränderlichkeit der Krystalle mühsame und oft schwierige Arbeit [2]) beschränkt sich aber nicht auf die Ermittelung der Form jeder einzelnen Verbindung, sondern ihr Verfasser hat sich zugleich das Verdienst erworben, die Krystallform ähnlich zusammengesetzter Körper aus dem

1) Ann. d. Chem. und Pharm. 104, 1. Supplementbd. 1, 1.

2) *Q. Sella sulle forme cristalline di alcuni sali derivati dall' Ammoniaca. Mem. d. R. Accad. d. Sc. di Torino, Ser. II, T. XX.*

Gebiet der Ammoniakverbindungen zu vergleichen, und insbesondere die dabei sich ergebenden Isomorphien hervorzuheben. Da dieser Gegenstand von allgemeinerem Interesse für die krystallographisch-chemische Forschung ist, so halte ich es für nicht unpassend, Sella's Resultate, die derselbe mir kürzlich zuzusenden die Güte hatte, auszugsweise mitzutheilen und daran einige weitere Bemerkungen anzuknüpfen.

1. Diamine und Diamide[1].

Zu den Derivaten von 2 Mol. Ammoniak, N_2H_6, gehören verschiedene wichtige Verbindungen, insbesondere der *Harnstoff*,

$$N_2 \begin{cases} H_4 \\ CO \end{cases} \text{(zweiatomig).}$$

Hofmann erhielt eine Verbindung aus 1 Mol. Triäthylphosphin und 1 Mol. Schwefelcyanphenyl,

$$P.(C_2H_5)_3 + C_6H_5.CNS,$$

schliefst aber aus ihrem Verhalten, dafs sie ein Diamin, d. h. Harnstoff sey, in welchem die Hälfte des Stickstoffs durch Phosphor, 3 At. Wasserstoff durch Aethyl, eins durch Phenyl und 2 durch Carbonyl vertreten seyen, in welchem letzteren jedoch Schwefel an der Stelle des Sauerstoffs sich befinde,

$$NP \begin{cases} (C_2H_5)_3 \\ C_6H_5 \\ CS \end{cases}$$

Namen für solche Verbindungen zu finden ist fast unmöglich, und doch ist eine Bezeichnung nothwendig. Wir schlagen einstweilen *Sulfotriäthylphenyl-Phosphodiamin* für die in Rede stehende vor.

In ganz ähnlicher Art verbinden sich nach Hofmann je 1 Mol. Triäthylphosphin und Schwefelcyanallyl (Senföl) mit einander, aber auch diese Verbindung betrachtet Hofmann als einen Harnstoff, gleich dem vorigen zusammen-

1) In den Formeln ist $H = 1$ gesetzt, $C = 12$, $O = 16$, $S = 32$.

gesetzt, nur statt des Phenyls C_6H_5, Allyl C_3H_5 enthaltend,

$$NP \left\{ \begin{array}{l} (C_2H_5)_3 \\ C_3H_5 \\ CS, \end{array} \right.$$

mithin vorschlagsweise als *Sulfotriäthylallyl-Phosphodiamin* zu bezeichnen.

Die Krystallform des Harnstoffs ist *viergliedrig* (hemiedrisch und hemimorph nach Werther): die beiden soeben erwähnten Harnstoffe sind aber *zwei- und eingliedrig*, nach Sella's Untersuchungen, woraus man indefs nicht schliefsen darf, dafs sie ohne Analogie mit anderen Gliedern der Gruppe seyen; eine solche herrscht in der That zwischen ihnen und dem *Thiosinnamin*. Wenn man diesen Körper, der die Elemente von Ammoniak und Schwefelcyanallyl enthält, als

$$N_2 \left\{ \begin{array}{l} H_3 \\ C_3H_5 \\ CS \end{array} \right.$$

betrachtet, so ist er ein Diamin, ein Harnstoff, von dem mittelst Triäthylphosphin erhaltenen nur dadurch verschieden, dafs er statt Phosphor Stickstoff, statt Aethyl Wasserstoff enthält. Angesichts dieser Analogie erscheint ein Vergleich seiner Form von grofsem Interesse.

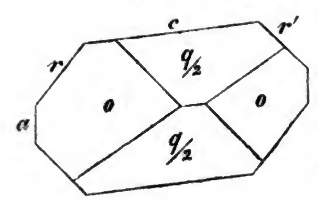
Das *Thiosinnamin* ist zuerst von Schabus krystallographisch untersucht worden [1]). Er fand es *zwei- und eingliedrig*. Die Krystalle sind fast rechtwinklig vierseitige Prismen *a*, *c*, tafelartig durch Ausdehnung von *c*, mit schiefer Abstumpfung der scharfen Kanten durch *r'* und der stumpfen durch *r*; sie sind zwei- und zweiflächig zugespitzt, und zwar sind zwei Flächen $\frac{q}{2}$ auf *c*, zwei andere *o* aber auf *r* gerade aufgesetzt. Betrachtet man daher die herrschenden Flächen als der Verticalzone angehörig, so kann man die Combination als

1) Rammelsberg, die neuesten Forschungen in der krystallographischen Chemie. Leipzig 1857, S. 186.

$o = a : b : c \quad \frac{q}{2} = b : \frac{1}{2}c : \infty a \quad a = a : \infty b : \infty c$

$r = a : \; c : \infty b \quad c = c : \infty a : \infty b$

$r' = a' : \; c : \infty b$



bezeichnen. (S. d. nebenst. Fig.)

Ich habe später die Thiosinnaminkrystalle gleichfalls untersucht, und die Fläche *r*, deren Schabus nicht erwähnt, daran gefunden.

Wenn man mit Schabus

$a : b : c = 1{,}1281 : 1 : 1{,}6851$

$0 = 84^{\circ}\ 48'$

annimmt, so sind die Winkel:

	Berechnet	Beobachtet Schabus	Beobachtet Rammelsberg
$a : c$	=	*95° 12′	94° 13′
$a : r$	= 147° 51′		148 12
$a : r'$	= 144 38		144 10
$c : r$	= 127 21		126 55
$c : r'$	=	*120 10	120 22
$r : r'$ an c	= 67 31		
» a	= 112 29		
$\frac{q}{2} : \frac{q}{2}$ an c	= 100 0		99 52
» b	= 80 0		
$\frac{q}{2} : c$	=	*140 0	139 52
$o : o$ (üb. r)	= 96 14		
$o : r$	= 138 7		138 4
c	= 116 51	116 53	
a	= 129 4		

An den Zwillingen ist r' Zwillingsfläche, auf welcher die Zwillingsaxe senkrecht steht.

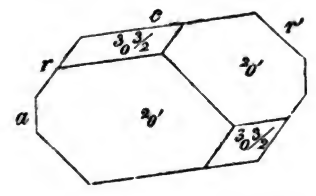
Die Spaltungsflächen sind c und r'.

Vergleichen wir nun hiermit das Sulfotriäthylallyl-Phosphodiamin (Schwefelcyanallyl-Triäthylphosphin). Auch sie erscheinen als achtseitige Prismen mit zwei- und zwei-

flächiger Zuspitzung, allein je zwei Zuspitzungsflächen ($^2o'$) sind auf r' gerade aufgesetzt; zwei andere ($^3o\frac{3}{2}$) schief auf die Kante $\frac{r}{c}$.

Setzt man:

$^2o' = a' : \frac{1}{2}b : c$ $\quad r = a : c : \infty b \quad a = a : \infty b : \infty c$
$^3o\frac{3}{2} = 3a : \frac{3}{2}b : c \quad r' = a' : c : \infty b \quad c = c : \infty a : \infty b$,



(s. die nebenstehende Figur), und legt Sella's Messungen zum Grunde, so ist

$a : b : c = 1,2554 : 1 : 1,9240$
$o = 79^\circ\ 5'$

		Berechnet.		Beobachtet.		
$a : c$	=	100°	55'	100°	53'	
$a : r$	=	150	19	150	22	
$a : r'$	=	143	50	143	54	
$c : r$	=	130	36	130	35	
$c : r'$	=			*115	15	
$r : r'$ an c	=	65	51			
an a	=			*114	9	
$^2o' : {^2o'}$	= {	47	32			(in der Kante $\frac{a'}{c}$)
		132	28	132	29	
$^2o' : r'$	=			*113	46	
$^2o' : a$	=	109	0	108	54	
$^2o' : c$	=	99	54	99	50	
$^3o\frac{3}{2} : {^3o\frac{3}{2}}$	=	87	31	87	55	(Kante $\frac{3a}{c}$)
$^3o\frac{3}{2} : a$	=	113	41			
$^3o\frac{3}{2} : c$	=	128	58	128	43.	

Es ist hiernach die grofse Aehnlichkeit der Form beider Verbindungen offenbar; man kann sie sicherlich als *isomorph* betrachten, und die Spaltungsflächen der letzteren sind gleichfalls c und r'. Die Isomorphie findet sich mit bei

$$N_2 \left\{ \begin{matrix} H_3 \\ C_3 H_5 \\ CS \end{matrix} \right. \text{ und } \begin{matrix} N \\ P \end{matrix} \Big\} \left\{ \begin{matrix} (C_2 H_5)_3 \\ C_3 H_5 \\ CS \end{matrix} \right.$$

Sella hat diese interessante Thatsache hervorgehoben, allein den Krystallen beider Substanzen eine andere Stellung gegeben. Indem er die Fläche r' als a (Axenebene bc, makrodiag. Hauptschnitt), die Flächen ${}^2o'$ als verticales Prisma $a : b : \infty c$, die Fläche r als r' und a als $2p' = a' : 2c : \infty b$ ansieht, erhält er für die Phosphor- und Aethylverbindung

$$a : b : c = 2{,}510 : 1 : 2{,}0886$$
$$o = 64^{\circ}\ 45'.$$

Er hat daher dem Thiosinnamin eine analoge Stellung zugetheilt, so dafs

$$a : b : c = 2{,}2560 : 1 : 1{,}9416$$
$$o = 59^{\circ}\ 50'$$

ist.

Tritt auch die Isomorphie in dieser Stellung deutlich hervor, so wird die letztere doch immer nicht so naturgemäfs seyn, als die zuvor gewählte; diefs zeigt sich weniger in dem Axenverhältnifs selbst als in dem Winkel der schiefen Axen, den man bei zwei- und eingliedrigen Krystallen nicht ohne Noth sehr abweichend von 90° wählen soll.

Eine andere sich hier anschliefsende Verbindung ist das *Oxamid*,

$$N_2 \left\{ \begin{matrix} H^4 \\ CO \end{matrix} \right.$$

dessen Form gleichfalls *zwei- und eingliedrig* ist. Schabus, dem wir die bezügliche Untersuchung verdanken [1]), hat eine von Sella beibehaltene Stellung gewählt, bei welcher der oben erwähnte Winkel $(o) = 57^{\circ}\ 15'$, $a : b : c = 0{,}7382 : 1 : 0{,}5604$ ist, so dafs $a = \frac{1}{3} a$, $c = \frac{1}{4} c$ der beiden früheren Verbindungen, Zwillingsfläche aber a ist. Wenn man aber

$$\begin{array}{lll} o' \text{ Schabus} & = o & = a : b : c \\ p \quad " & = o' & = a' : b : c \\ a \quad " & = r' & = a' : c : \infty b \end{array}$$

1) A. a. O. S. 183.

nimmt, so erhält man für das Oxamid

$$a : b : c = 0{,}7382 : 1 : 0{,}9518$$
$$o = 82^{\circ}\, 2'$$

Vergleicht man diese Werthe mit den entsprechenden des Thiosinnamins und der Phosphorverbindung, so sieht man, dafs a des Oxamids $\frac{1}{2}$ (genauer $\frac{3}{7}$), c $\frac{1}{2}$ der entsprechenden Axen jener ist, die Winkel o nahe übereinstimmen, und die Zwillingsfläche des Oxamids die des Thiosinnamins (r') ist.

Die beiden, Phenyl und Allyl enthaltenden, Diamine, welche nach Sella zwei- und eingliedrig sind, sind offenbar isomorph, obgleich sich an der Phenylverbindung aus Mangel an Flächen das Axenverhältnifs $b : c$ nicht festsetzen liefs. Ihre Axen a verhalten sich $= 1 : 2$ und die Winkel der schiefen Axen differiren um $3^{\circ}{,}43'$.

Gewifs werden sich noch viele andere Verbindungen finden, welche zu derselben Gruppe gehören und deren Form dieselbe oder eine ähnliche ist.

II. Haloïdsalze.

A. Einatomige, vom Typus NH_4R.

Bekanntlich krystallisirt die Mehrzahl dieser Holoïdsalze im *regulären* System. Unter den von Sella näher bestimmten Salzen dieser Art aus der Reihe der Phosphor- und Arsenikbasen bemerken wir zwei Bromide, nämlich:

1) *Triäthyläthylenbromür-Phosphonbromid*,

$$P\left\{\begin{matrix}(C_2H_5)_3\\ C_2\left.\begin{matrix}H_4\\Br\end{matrix}\right\}\end{matrix}\right. . Br$$

2) *Triäthyläthylenbromür-Arsenbromid*,

$$As\left\{\begin{matrix}(C_2H_5)_3\\ C_2\left.\begin{matrix}H_4\\Br\end{matrix}\right\}\end{matrix}\right. . Br$$

Beide sind ebenfalls *regulär*. (Granatoëder.)

Bekanntlich sind nicht wenige Körper, welche regulär krystallisiren, dimorph, und ihre zweite Form ist eine *sechsgliedrige* (rhomboëdrische). Wir kennen Beispiele der Art

unter den Metallen (Zink, Palladium), den Oxyden, Schwefelmetallen, und Marignac hat neuerlich dasselbe am Kieselfluorammonium nachgewiesen.

Auch unter den einfachen Haloïdsalzen finden sich sechsgliedrige, denn obwohl die Form des Eisenchlorürs, Chlormagnesiums, Iodbleies und die Zusammensetzung des sechsgliedrig krystallisirten Iodkaliums noch näherer Untersuchung bedürfen, so haben doch Dufrénoy und Descloizeaux gezeigt, dafs der Iodargyrit oder das natürliche Iodsilber sechsgliedrig krystallisirt und in der Form mit dem Greenockit (Schwefelkadmium) übereinstimmt.

Das *Phosphäthylium-Iodid*, $P(C_2H_5)_4I$, ist nun, wie Sella gefunden hat, ebenfalls sechsgliedrig, und zwar vollkommen isomorph mit dem Iodsilber; denn man hat

		Ag. J	$P(C_2H_5)_4 . J.$
	$a : c$	= 0,6136 : 1	0,58826 : 1
d	$2A$	= 127° 36′	127° 6′
	$2C$	= 120 4	125 58
	α	= 31 32	30 28

wo d das Hauptdihexaëder $a : a : \infty a : c$, $2A$ den Endkantenwinkel, $2C$ den Seitenkantenwinkel, α die Neigung der Endkanten zur Hauptaxe bezeichnet.

Das *Triäthylphosphin-Platinchlorür*,

$$P(C_2H_5)_3 + PtCl \text{ oder } P \left\{ \begin{matrix} (C_2H_5)_3\ Cl \\ Pt \end{matrix} \right.$$

ist zwar *zwei- und eingliedrig*, stimmt aber in den Winkeln nahe überein mit einer regulären Combination, wie sie am Salmiak vorkommen könnte, bestehend aus Partialformen des Granatoëders und Leucitoëders.

Aber es giebt auch *zweigliedrige* Haloïdsalze, wie z. B. *Chlorblei*, bei welchem nach Schabus $a : b : c = 0{,}5943 : 1 : 0{,}5949$ ist. Nach Sella gehört demselben System ein Bromid der Phosphorbasen an, das *Trimethyläthylenbromür-Phosphorbromid*,

$$P \left\{ \begin{matrix} (CH_3)_3 \\ C_2 \left\{ \begin{matrix} H_4 \\ Br \end{matrix} \right\} \end{matrix} \right\} Br.$$

Bei ihm ist $a:b:c = 0,568:1:0,296$, und da bei beiden Salzen die Axen a nahe dieselben sind, c sich $= 2:1$ verhalten, so sind auch sie als isomorph anzusehen.

A. Zweiatomige, vom Typus $N_2H_8 . R_2$.

Aufser einer nur einmal erhaltenen Methyl-Bromverbindung, welche zwei- und eingliedrig ist, steht hier, einem zweiatomigen Iodammonium entsprechend, das *Hexäthyläthylen-Diphosphoniodid*. Dasselbe ist zweigliedrig, $a:b:c = 0,5704:1:1,0052$, mithin stimmt es mit dem zuvor erwähnten Bromid und dem Chlorblei in Betreff der Axe a ganz überein, während die c dieser drei Verbindungen sich $= 1,00 : 0,29 : 0,59$ verhalten, d. h. nahe $= 1:2:3\frac{1}{2}$, ihre Isomorphie also nichts Unwahrscheinliches hat. Sella, welcher diese Verbindungen überdiefs mit dem Quecksilberchlorid und dem Chlorzink-Ammoniak $N\left\{\begin{matrix}H_3\\Zn\end{matrix}\right. . Cl$ vergleicht, so wie mit dem Kalium- und Ammonium-Zinkchlorid, deren Formen sämmtlich einer gröfseren zweigliedrigen Gruppe angehören, erinnert an Marignac's Bemerkung, dafs nicht alle Verbindungen dieser Gruppe analog zusammengesetzt sind.

III. Platindoppelsalze.

Sella hat die Formen von zehn derselben bestimmt; vier derselben sind zweiatomig, aber nicht übereinstimmend in der Form, und bieten keine älteren verbürgten Analogien dar. Es sind besonders vier einatomige Doppelsalze dieser Art, welche einen Vergleich mit schon bekannten gestatten. Stellen wir die Krystallform der letzteren (einschliefslich der Iridium- und Palladiumsalze), mithin von

$$RCl + PtCl_2$$

zusammen, so haben wir lauter *reguläre* Formen:

$KCl + PtCl_2$	$KCl + PdCl_2$	$KCl + IrCl_2$
$AmCl + PtCl_2$	$AmCl + PdCl_2$	$AmCl + IrCl_2$.

Ferner Trimethylammoniumchlorid - Platinchlorid und die Tethräthylammoniumverbindung,

$$N\left\{\begin{matrix}H\\(CH_3)_3\end{matrix}\right. . Cl + PtCl_2 \text{ und } N(C_2H_5)_4 . Cl + PtCl_2 .$$

Isomorph mit ihnen (Octaëder, mit und ohne Würfel) sind nur drei von Sella untersuchte Salze, nämlich

Teträthylphosphonchlorür - Platinchlorid,

$$P . (C_2H_5)_4 . Cl + PtCl_2,$$

Triäthylmethylphosphonchlorür - Platinchlorid,

$$P\left\{\begin{matrix}(C_2H_5)_3\\CH_3\end{matrix}\right. . Cl + PtCl_2,$$

und *Triäthyläthyloxydphosphonchlorür - Platinchlorid*,

$$P\left\{\begin{matrix}(C_2H_5)_3\\C_2H_5O\end{matrix}\right. . Cl + PtCl_2 .$$

Diese Platinsalze sind aber nur ein Theil jener grofsen Gruppe isomorpher Doppelsalze, in welchen statt $PtCl_2$ auch Zinnchlorid, $SnCl_2$, Zinnfluorid, $SnFl_2$, Titanfluorid, $TiFl_2$, Zirkonfluorid, $ZrFl_2$ und Kieselfluorid, $SiFl_2$, auftreten, und deren Formenkenntnifs wir gröfstentheils den schönen Arbeiten Marignac's verdanken.

Von *regulär krystallisirten* kommen darunter vor:

Kalium - Zinnchlorid, $KCl + SnCl_2$, Ammonium - Zinnchlorid, $AmCl + SnCl_2$, beide von mir zuerst beschrieben[1]). Kieselfluorkalium, $KFl + SiFl_2$, Kieselfluorammonium, $AmFl + SiFl_2$ [2]).

Wie überall, herrscht aber auch hier *Heteromorphie*, und so sehen wir einen Theil dieser Verbindungen *sechsgliedrig*.

$KFl + SiFl_2$		
$AmFl + SiFl_2$	$AmFl + SnFl_2$	$AmFl + TiFl_2$
$NaFl + SiFl_2$		$NaFl + TiFl_2$

Bei ihnen ist $a : c$ etwa $= 1,2 : 1$.

Isomorph mit denselben erscheinen nun:

1) Aethylammoniumchlorid - Platinchlorid, und

1) Handb. der kryst. Chemie S. 213.

2) Sind dimorph, und zugleich sechsgliedrig.

2) Methyluramin-Platinchlorid, jenes =

$$N \left\{ \begin{matrix} H_3 \\ C_2 H_5 \end{matrix} \right. . Cl + Pt Cl_2.$$

Bei diesen Salzen ist $a : c$

1) = 0,8358 : 1 nach Schabus

2) = 1,2513 : 1 » Sénarmont.

Von *zweigliedrigen* Verbindungen dieser Art sind bekannt:

$KFl + ZrFl_2$ $a : b : c = 0{,}5715 : 1 : 0{,}6063$ Marignac

$AmFl + ZrFl_2$ $= 0{,}5738 : 1 : 0{,}6591$ »

Ob das von Schabus als Chlorwasserstoff-Thiosinnäthylamin-Platinchlorid beschriebene Salz hierher gehört, weiſs ich nicht; es ist ebenfalls zweigliedrig, $a : b : c = 0{,}7341 : 1 : 0{,}3613$.

Endlich giebt es auch *zwei- und eingliedrige* Verbindungen in dieser Gruppe. Dahin gehört das *Diäthylammoniumchlorid-Platinchlorid*,

$$N \left\{ \begin{matrix} H_2 \\ (C_2 H_5)_2 \end{matrix} \right. . Cl + Pt Cl_2,$$

bei welchem nach Schabus

$$a : b : c = 1{,}3048 : 1 : 1{,}2203$$
$$o = 85^\circ\ 40'$$

ist.

Unter den von Sella bestimmten Salzen findet sich ebenfalls ein *zwei- und eingliedriges, das Triäthyläthylenbromürphosphonchlorür-Platinchlorid*,

$$P \left\{ \begin{matrix} (C_2 H_5)_3 \\ C_2 \left\{ \begin{matrix} H_4 \\ Br \end{matrix} \right\} \end{matrix} \right. . Cl + Pt Cl_2.$$

Bei ihm ist $a : b : c = 1{,}0324 : 1 : 0{,}6793$

$$o = 89^\circ\ 2'.$$

Die Axen a verhalten sich bei beiden Salzen $= 1 : 0{,}8$; die $c = 1 : 0{,}5$, und die Winkel o differiren um $3^\circ\ 22'$, so daſs man auf Isomorphie schlieſsen darf.

III. *Zur Theorie des Condensators; von Wilhelm von Bezold*[1].

Der Condensator und alle ihm verwandten Apparate bestehen wesentlich aus zwei Theilen, aus den leitenden Platten und aus dem Isolator zwischen denselben.

Was die auf den Belegungen (Platten) vorhandenen Elektricitätsmengen, die Art ihrer Vertheilung u. s. w. betrifft, so sind alle hierauf bezüglichen Fragen mit Hülfe des von Coulomb aufgestellten Grundgesetzes der Wechselwirknng elektrischer Theilchen lösbar, vorausgesetzt, dafs der Isolator ein vollkommener sey, d. h. dafs in dem Raume zwischen den Platten unter keiner Bedingung Elektricität auftreten könne. Nach dieser Seite hin wurde die Theorie des Condensators von Green[2]) und von Clausius[3]) bearbeitet, bei trocknen Gasen als Zwischenkörper, weniger bei den starren Isolatoren, deren Verhalten daher zur Vervollständigung unserer Kenntnifs besagter Instrumente noch zu erforschen ist.

Mit Hülfe der sogenannten flüssigen Isolatoren scheint es nicht möglich, einen Condensator herzustellen[4]).

1) Vom Hrn. Verfasser gemachter Auszug aus seiner Inauguraldissertation. Göttingen 1860.

2) Crell's Journal Bd. 47, S 161.

3) Poggendorff's Annalen Bd. 86. [Späterer Zusatz. In dieser Abhandlung S. 197 heifst es: Sey daher in dem positiven Conductor der Werth der Potentialfunction durch V dargestellt, *welche Gröfse hier wie in vielen Fällen als das geeignetste Maafs dessen zu betrachten ist, was man gewöhnlich mit dem etwas unbestimmten Ausdrucke Spannung bezeichnet.*

Diese Stelle hatte ich übersehen, und war in der Meinung befangen, dafs ich zum erstenmale diese Behauptung mit klaren Worten ausgesprochen hätte. W. v. B.]

4) Reitlinger Sitzungsb. der Wiener Akad. Bd. 25, S. 73. 1859.

Die Frage nach dem Verhalten der starren Isolatoren ist bis jetzt noch eine wesentlich experimentelle, obgleich schon einige Arbeiten hierüber vorhanden sind. Die gründlichste auf diesem Gebiete ist die von Kohlrausch: »Ueber den elektrischen Rückstand«[1]), in welcher er durch bewunderungswürdige Messungsreihen das Gesetz und den Grund der sogenannten Rückstandsbildung, in welcher sich ja gerade der Einfluſs des Isolators manifestirt, zu erforschen suchte. Vor ihm hatte schon Faraday[2]) über das specifische Verhalten verschiedener Körper in dieser Hinsicht einige Versuche gemacht und endlich ist auch von Matteucci einiges auf verwandte Gegenstände bezügliches publicirt worden[3]). Bei den Arbeiten des letzteren wird es jedoch schwer zu sondern zwischen dem Einfluſs von Elektricitäts-Ansammlungen auf den Oberflächen und von solchen im Innern der Körper.

Kohlrausch hat ein Gesetz aufgestellt, welches den Gang der Erscheinungen sehr gut repräsentirt; seine Ansicht jedoch über den Grund derselben, also über die physische Constitution der Isolatoren, kann mit Recht Bedenken erregen, da er eine völlige Scheidewand zwischen Leiter und Nichtleiter annimmt, während doch alle Zwischenstufen ausgefüllt sind, und man sogar Gläser kennt[4]), welche nicht zu Leydener Flaschen brauchbar sind, weil sich die Elektricitäten sofort durch dieselben verbinden.

Eine Bestätigung oder Widerlegung seiner Hypothese schien daher wünschenswerth. Um jedoch mit voller Klarheit von Neuem an eine experimentelle Behandlung der Frage herantreten zu können, ist es nöthig, den ersten Theil der Theorie, den rein mathematischen, nach einer bisher nicht berücksichtigten Seite hin auszubilden, nämlich erstens die Kräfte zu ermitteln, welche auf einen Punkt zwischen

1) Poggendorff's Annalen Bd. 91. 1854.

2) *Exper. Researches.* 1188—1294.

3) *Annales de Chimie et de Phys. Tom.* 27, 1849 *et T.* 57, 1859.

4) Im physikalischen Institute zu Göttingen befinden sich solche.

den geladenen Platten ausgeübt werden, und zweitens umgekehrt die Wirkungen von Elektricitätsmengen in so gelegenen Punkten auf die über die Belegungen verbreiteten zu betrachten.

Die Einsicht in diese Verhältnisse setzt alsdann in den Stand, die aus den verschiedenen Ansichten über die Natur der Isolatoren fliefsenden Consequenzen mit solcher Schärfe zu ziehen, dafs sie einer genauen erfahrungsmäfsigen Prüfung zugänglich werden.

Das Folgende soll einen Versuch zur Ausfüllung der eben angegebenen Lücken bilden.

Wenn ich mich hiebei auf den einfachsten Fall, auf den einer Franklin'schen Tafel mit kreisförmigen Belegungen, und auch hier wieder auf die ersten Annäherungen beschränke, indem ich bei der stets angewandten Entwicklung der vorkommenden Functionen in Reihen nach Potenzen des Verhältnisses der Dicke der Tafel zum Radius der Belegung bei den ersten Gliedern stehen bleibe, so ist diefs dadurch motivirt, dafs bei den jetzigen Hülfsmitteln die Experimentaluntersuchung mit der genaueren mathematischen Entwicklung doch nicht Schritt halten könnte [1]).

Mit Freuden ergreife ich zugleich die mir hier dargebotene Gelegenheit, meinen hochverehrten Lehrern, dem Hrn. Professor Riemann, der zuerst meine Aufmerksamkeit auf die hier noch offenen Fragen lenkte, und dem Hrn. Professor Weber, der mir aufs Bereitwilligste die Räume und Instrumente des physikalischen Instituts für die Experimentaluntersuchungen zur Disposition stellte, öffentlich meinen innigsten Dank auszusprechen.

1) Die in dem Folgenden benutzte Ausdrucksweise ist diesem Umstande angepafst: so heifst es z. B. häufig, etwas sey von keinem Einflusse, wo es eigentlich heifsen sollte, der Einflufs tritt erst in den späteren Gliedern der Reihe hervor. Es wird auch gut seyn, hier darauf aufmerksam zu machen, dafs wegen der hohen Wichtigkeit der Kohlrausch'schen Arbeit auf diesem Gebiete, die von ihm gebrauchten Namen und Bezeichnungen, wo es nur irgend thunlich schien, angewendet wurden.

I.

Allgemeine Sätze über den Gang des Potentials zwischen parallelen kreisförmigen elektrischen Schichten.

§. 1.

Gang des Potentials zwischen den Belegungen einer Franklin'schen Tafel.

Aus der Clausius'schen Arbeit ist bekannt, dafs auf zwei kreisförmigen Platten, deren Radius grofs ist gegen ihre Entfernung, welche mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen sind, die Vertheilung der letzteren als eine nahezu gleichförmige angesehen werden kann.

Nun ist, wenn man sich eine Scheibe vom Radius R gleichförmig mit Elektricität von der Dichtigkeit ϱ_1 bedeckt denkt und ein im Mittelpunkt errichtetes Perpendikel zur Abscissenaxe wählt, die Potentialfunction für einen Punkt dieser Axe mit der Abscisse x

$$2\pi\varrho_1 \int_0^R \frac{r\,dr}{\sqrt{r^2+x^2}}$$

oder, wenn man den Ursprung der Coordinaten so wählt, dafs zum Mittelpunkte der Scheibe die Abscisse $-\varepsilon$ gehört,

$$2\pi\varrho_1 \int_0^R \frac{r\,dr}{\sqrt{r^2+(x+\varepsilon)^2}}$$

$$=2\pi\varrho_1\left[\pm\sqrt{R^2+(x+\varepsilon)^2}\mp\sqrt{(x+\varepsilon)^2}\right]$$

Da wir immer nur solche Fälle betrachten wollen, bei welchen ε und x sehr klein gegen R sind, so können wir $(x+\varepsilon)^2$ jedenfalls vernachlässigen gegen R^2 und erhalten daher

$$2\pi\varrho_1[\pm R\pm(x+\varepsilon)],$$

wobei die Vorzeichen noch zu bestimmen sind.

Geht man zu dem Ende auf die Kräfte zurück und bezeichnet man durch e_1 ein Elektricitätstheilchen von der-

selben Art, wie die auf der Platte vorhandene, so mufs, weil dann Abstofsung stattfinden soll, der erste Differentialquotient von

$$2\pi\varrho_1 e_1 [\pm(x+\varepsilon)]$$

stets dasselbe Zeichen haben wie $x+\varepsilon$; also ist das plus-Zeichen zu nehmen für Werthe von x, welche liegen zwischen $-\varepsilon$ und $+u$, wo u eine mäfsig grofse Zahl bedeutet, und das minus-Zeichen für Werthe von x zwischen $-\varepsilon$ und $-u$, und bei R ebenfalls $-$, weil der Potentialwerth mit der Entfernung von der Scheibe seinem absoluten Werthe nach jedenfalls abnehmen mufs.

Man erhält also

$V_1 = -2\pi\varrho_1 [R+(x+\varepsilon)]$ für Werthe von $x=-u$ bis $x=-\varepsilon$
$V_1 = -2\pi\varrho_1 [R-(x+\varepsilon)]$ » » » $x=-\varepsilon$ » $x=+u$.

Analog ergiebt sich der Gang des Potentials, wenn man eine Scheibe hat, deren Mittelpunkt um $+\varepsilon$ vom Ursprung entfernt und mit Elektricität von der Dichtigkeit ϱ_2 geladen ist,

$V_2 = -2\pi\varrho_2 [R+(x-\varepsilon)]$ von $x=-u$ bis $x=+\varepsilon$
$= -2\pi\varrho_2 [R-(x-\varepsilon)]$ von $x=+\varepsilon$ bis $x=+u$.

Nimmt man nun an, die Platten seyen gleichzeitig an den eben bezeichneten Stellen angebracht und es sey $\varrho_1 = +\varrho$ und $\varrho_2 = -\varrho$, so erhält man als Gesammtpotential für einen Punkt der x Axe:

$V=-4\pi\varrho\varepsilon$ für Werthe von x zwischen $-u$ und $-\varepsilon$
$V=+4\pi\varrho x$ » » » » » $-\varepsilon$ » $+\varepsilon$
$V=+4\pi\varrho\varepsilon$ » » » » » $+\varepsilon$ » $+u$

Offenbar ist aber die eben angenommene Zusammenstellung nichts anderes als eine Franklin'sche Tafel von der Dicke 2ε mit Belegungen von Radius R, welche mit Elektricitäten von den Dichtigkeiten $+\varrho$ und $-\varrho$ geladen sind.

Verbindet man die Centra der beiden Scheiben durch

eine Gerade (unsere Abscissenaxe) Fig. 1 Taf. III, so sieht man leicht, dafs die Curve, durch deren Ordinaten die Potentialwerthe in einer durch die Abscissenaxe gelegten Ebene dargestellt werden, eine gebrochene Gerade ist, die zuerst parallel mit der Axe unterhalb derselben verläuft, sobald sie die mit $+\varrho$ geladene Fläche trifft, gegen den Ursprung der Coordinaten zu in die Höhe steigt und in diesem Sinne weiter geht bis zur zweiten (der mit $-\varrho$ geladenen) Fläche, wo sie wieder parallel zur Axe wird.

Wir haben bisher nur die Wirkung auf Punkte betrachtet, welche in der eben genannten Axe liegen. Es wird jedoch nicht schwer seyn, nachzuweisen, dafs dieselben Sätze für jede ihr parallele die beiden Platten verbindende Gerade gelten.

Fassen wir zu dem Ende den Werth von $\frac{dV}{dx}$, nämlich den der Kraft, näher ins Auge, so ist dieser

$$2\pi\varrho\left[\int_0^R \frac{(\varepsilon+x)r\,dr}{[r^2+(\varepsilon+x)]^{\frac{3}{2}}}+\int_0^R \frac{(\varepsilon-x)r\,dr}{[r^2+(\varepsilon-x)]^{\frac{3}{2}}}\right]$$

wobei allenthalben x nur seinem absoluten Werthe nach berücksichtigt werden soll.

Die beiden Integrale müssen addirt werden, weil beide Belegungen in demselben Sinne wirken.

Führt man die Integration aus, so kommt

$$2\pi\varrho\left[2-\left(\frac{\varepsilon+x}{\sqrt{R^2+(x+\varepsilon)^2}}+\frac{\varepsilon-x}{\sqrt{R^2+(\varepsilon-x)^2}}\right)\right]$$

Man sieht hieraus, dafs, wenn R nur einigermafsen grofs ist gegen ε, ein weiteres, wenn auch noch so bedeutendes, Wachsen von R beinahe gar keine Aenderung des Resultates hervorruft.

Wenn z. B. R nur $=10\varepsilon$ ist, so unterscheidet sich die hiedurch hervorgebrachte Wirkung von der für $R=\infty$ nur um den zehnten Theil der letzteren.

Man sieht demnach sofort, dafs für alle Punkte zwischen den Belegungen die Kraft in der Richtung der beide verbindenden senkrechten Geraden dieselbe seyn mufs, mit Ausnahme der am äufsersten Rande befindlichen.

Denn schneidet man um die Fufspunkte der Senkrechten auf beiden Platten Kreise aus mit hinreichend grofsem Radius, so kann man die Wirkung aller aufserhalb dieser Kreise liegenden Massen vernachlässigen gegen die von den innerhalb vertheilten herrührende.

Die Wirkung der letzteren wird aber dieselbe seyn, so lange man nur die Vertheilung der Elektricität als gleichförmig ansehen kann; sie wird aber auch constant seyn für jeden Punkt der Senkrechten, mithin wird

$\frac{dV}{dx}$ *für alle Punkte zwischen den Belegungen ein und denselben Werth haben.*

Ganz am Rande werden natürlich unsere Schlüsse falsch, wegen der zu einseitigen Massenvertheilung, doch wird diese Einseitigkeit theilweise compensirt durch die Dichtigkeitszunahme nach der Seite der geringsten Ausdehnung hin.

Ist also das Potential auf der einen Belegung $-4\pi\varrho\varepsilon$, auf der anderen $+4\pi\varrho\varepsilon$, so wird es im Zwischenraum $+4\pi\varrho x$ seyn[1]), und die Kraft

$$\frac{dV}{dx} = 4\pi\varrho = \frac{V}{\varepsilon}$$

wo für V der absolute Werth zu nehmen ist.

Aus der letzten Gleichung sieht man, dafs bei n*mal so grofser Entfernung der Platten die Kraft nur den* n^{ten} *Theil beträgt, wenn die Potentialwerthe in beiden Fällen gleich sind.*

Die Kraft, welche ein auf den Belegungen befindliches

1) Die Potentialwerthe auf den Belegungen kennen wir von vornherein; daraus aber, dafs die Kraft im Innern überall nahezu dieselbe ist, folgt, dafs das Potential hier nahezu eine lineare Function ist.

elektrisches Theilchen nach innen zu treiben strebt, ist nach bekannten Gesetzen gleich der Hälfte der Kraft, welche auf ein zwischen ihnen liegendes ausgeübt wird.

§ 2.

Einflufs eingeschalteter paralleler leitender Schichten auf das Potential in den Belegungen.

Denkt man sich zwischen den beiden mit den Elektricitätsmengen $+Q$ und $-Q$ geladenen Belegungen eine isolirte leitende ihnen parallele Kreisplatte von gleichem Radius und von der Dicke $2\varepsilon_1$ eingeschaltet, und nennt man die mit $+Q$ geladene Scheibe A, die mit $-Q$ geladene B und die A zugekehrte Fläche der eingeschalteten Platte A_1, während die B zugewandte B_1 heifsen soll, so wird der Gang des Potentials zwischen A und B, soweit er von den auf diesen Platten vorhandenen Elektricitäten herrührt, durch $V = 4\pi\varrho x$ dargestellt.

Hiezu mufs eine zweite Function addirt werden, welche bewirkt, dafs die eben angegebene für jene Werthe von x, welche innerhalb der eingeschalteten Platte zu liegen kommen, eine Constante wird, denn die Potentialfunction mufs innerhalb eines Leiters immer eine Constante seyn.

Steht die eingeschaltete Platte gerade in der Mitte zwischen A und B, so sieht man sogleich, dafs man nur anzunehmen hat, es sey auf A_1 die Menge $-Q$, auf B_1 die Menge $+Q$ abgelagert.

Die Vertheilung kann hiebei wieder als gleichförmig auf allen vier Oberflächen angesehen werden, denn dann wird weder von den inneren Platten auf die äufseren, noch umgekehrt von diesen auf die inneren eine Kraft senkrecht zur Axe ausgeübt werden (S. den vorigen Paragraph, wonach V nur Function von x). Es ist also dann kein Grund vorhanden, weshalb die Vertheilung sich ändern sollte.

Sind also wirklich auf den Flächen A_1 und B_1 die Mengen $-Q$ und $+Q$ abgelagert, so ist der durch sie hervorgebrachte Gang des Potentials

$$\begin{aligned} V_1 &= 4\pi\varrho\varepsilon_1 \text{ von } x = -u \text{ bis } x = -\varepsilon_1 \\ &= -4\pi\varrho x \quad \text{»} \quad x = -\varepsilon_1 \quad \text{»} \quad x = +\varepsilon_1 \\ &= -4\pi\varrho\varepsilon_1 \quad \text{»} \quad x = +\varepsilon_1 \quad \text{»} \quad x = +u \end{aligned}$$

Mithin wird der Verlauf des Gesammtpotentials dargestellt durch

$$\begin{aligned} V &= -4\pi\varrho(\varepsilon - \varepsilon_1) \text{ von } x = -u \text{ bis } x = -\varepsilon \\ &= +4\pi\varrho(x + \varepsilon_1) \quad \text{»} \quad x = -\varepsilon \quad \text{»} \quad x = -\varepsilon_1 \\ &= 0 \quad \text{»} \quad x = -\varepsilon_1 \quad \text{»} \quad x = +\varepsilon_1 \\ &= +4\pi\varrho(x - \varepsilon_1) \quad \text{»} \quad x = +\varepsilon_1 \quad \text{»} \quad x = +\varepsilon \\ &= +4\pi\varrho(\varepsilon - \varepsilon_1) \quad \text{»} \quad x = +\varepsilon \quad \text{»} \quad x = +u \end{aligned}$$

Man überzeugt sich leicht, dafs der Einflufs auf die Potentialwerthe auf die Belegungen A und B genau derselbe bleibt, welchen Platz man auch der eingeschalteten Platte zwischen A und B anweisen mag, wenn sie nur diesen parallel bleibt und die gleiche Dicke $2\varepsilon_1$ behält.

Für die geometrische Construction des Verlaufs des Potentials in unserem Falle ergiebt sich folgende Regel: Man verbinde die Endpunkte der Ordinaten, Fig. 2, Taf. III, $-a$ und $+b$ (wobei $a = b$), welche zu den Werthen $-4\pi\varrho\varepsilon$ und $+4\pi\varrho\varepsilon$ gehören, durch eine Gerade, d. h. man construire die Potentialcurve für die beiden äufseren Platten allein, dann ziehe man durch den Punkt, in welchem diese Linie die Halbirungsebene der eingeschalteten Platte schneidet, eine Gerade der Abscissenaxe parallel bis an die Gränzflächen A_1 und B_1, von den beiden Endpunkten derselben (a_1 und b_1) Parallele mit ab, welche die Scheiben A und B in a' und b' treffen sollen, so ist die gebrochene Gerade

$$a' a_1 b_1 b'$$

die Curve, deren Ordinaten den Gang des Potentials zwischen A und B darstellen.

Ganz analog stellen sich die Dinge, wenn man sich eine Reihe leitender, von einander isolirter Schichten eingeschaltet denkt, deren Dicken $2\varepsilon_1$, $2\varepsilon_2 \ldots 2\varepsilon_\nu$ seyn sollen.

Man erhält alsdann für V auf A und B

$$-4\pi\varrho\left(\varepsilon - \sum_{n=1}^{n=\nu} \varepsilon_n\right)$$

$$\text{und} + 4\pi\varrho\left(\varepsilon - \sum_{n=1}^{n=\nu}\varepsilon_n\right)$$

wo ν die Anzahl der Schichten bezeichnet.

Es ist also für den Werth des Potentials auf den Oberflächen A und B ganz einerlei, ob man eine Anzahl von parallelen leitenden, wechselseitig isolirten Schichten zwischen den Belegungen anbringt, oder eine einzige, die eben so dick ist als alle übrigen zusammengenommen.

Nimmt man an, man habe an der Stelle der leitenden Schichten, deren Gränzflächen also stets mit Elektricität von den Dichtigkeiten $+\varrho$ und $-\varrho$ bedeckt seyn müssen, eine Anzahl theils + theils — elektrischer Schichten mit den beziehungsweisen Dichtigkeiten $-\varrho_1, +\varrho_1; -\varrho_2, +\varrho_2 \ldots -\varrho_\nu, +\varrho_\nu$ und den dazu gehörigen Entfernungen $2\varepsilon_1$, $2\varepsilon_2 \ldots 2\varepsilon_\nu$, so gehen die obigen Formeln für V auf A und B über in

$$-4\pi\left(\varrho\varepsilon - \sum_{n=1}^{n=\nu}\varrho_n\varepsilon_n\right)$$

$$\text{und} + 4\pi\left(\varrho\varepsilon - \sum_{n=1}^{n=\nu}\varrho_n\varepsilon_n\right)$$

§ 3.

Gang des Potentials bei einer geladenen Franklin'schen Tafel, deren eine Belegung leitend mit der Erde verbunden ist.

Bisher war angenommen, dafs die Potentialwerthe auf den Belegungen gleich und entgegengesetzt seyen, also die auf ihnen vorhandenen Elektricitätsmengen $+Q$ und $-Q$.

In der Praxis hat man es aber meist mit dem Falle zu thun, wo die eine Belegung mit der Erde verbunden, das Potential auf ihr mithin gleich 0 ist.

Versuchen wir die oben gewonnenen Resultate auch bei dieser Anordnung nutzbar zu machen.

Als auf den Belegungen die Quantitäten $+Q$ und $-Q$

verbreitet waren mit den entsprechenden Dichtigkeiten $+\varrho$ und $-\varrho$, war das Potential

$$V = -4\pi\varrho\varepsilon \text{ von } x = -u \text{ bis } x = -\varepsilon$$
$$= +4\pi\varrho x \quad \text{» } x = -\varepsilon \text{ » } x = +\varepsilon$$
$$= +4\pi\varrho\varepsilon \quad \text{» } x = +\varepsilon \text{ » } x = +u$$

Denkt man sich nun auf der Fläche A eine Quantität $-Q'$ abgelagert, d. h. denkt man sich Q seinem absoluten Werthe nach der Art vermindert, dafs das Potential auf A gleich 0 wird, so ist diefs offenbar dasselbe, als ob diese Belegung mit der Erde verbunden wäre, während sich auf der anderen die Quantität $-Q$ befindet.

Mit der Kenntnifs der dem Q' entsprechenden Dichtigkeit ϱ' ist also auch die des Ganges des Potentials unter den betreffenden Umständen gewonnen.

Sucht man ϱ' zu bestimmen, so erhält man

$$\varrho' = \frac{2\varrho\varepsilon}{R}$$

und nun durch Substitution in die obigen Formeln

$$V = 0 \qquad \text{von } x = -u \text{ bis } x = -\varepsilon$$
$$V = 4\pi\varrho\,(\varepsilon + x) \quad \text{» } x = -\varepsilon \text{ » } x = +\varepsilon$$
$$V = 4\pi\varrho \qquad \text{» } x = +\varepsilon \text{ » } x = +u$$

Man sieht hieraus, dafs, was sich schon vermuthen liefs, da ja nur eine lineare Function zu addiren war, die Curve, die den Gang des Potentials darstellt, einfach um das Stück $4\pi\varrho$ gegen die Abscissenaxe zu verschoben wird, so dafs jetzt der Abscisse $-x$ der gebrochenen Linie die Ordinate 0 entspricht.

Hieraus folgt, dafs sich auf der einen Belegung, auf der nicht mit der Erde verbundenen, mehr Elektricität befindet als auf der anderen.

Hat diese Belegung eine endliche Dicke, so läfst sich schon von vorn herein erwarten, dafs sich der Ueberschufs auf die vom Isolator abgewandte Seite, auf die Fläche B', begeben wird.

Wenn elektrische Schichten zwischen den Belegungen vorhanden sind, so dafs man als Potentialwerthe auf den Belegungen.

$$-4\pi\left(\varrho\varepsilon-\sum_{n=1}^{n=\nu}\varrho_n\varepsilon_n\right)$$

und

$$+4\pi\left(\varrho\varepsilon-\sum_{n=1}^{n=\nu}\varrho_n\varepsilon_n\right)$$

hatte, verändern sich diese für den Fall, dafs A mit der Erde verbunden wird, in

$$V=0 \text{ auf } A$$

$$V=\pm 8\pi\left(\varrho\varepsilon-\sum_{n=1}^{n=\nu}\varrho_n\varepsilon_n\right).$$

Nach dem Bisherigen hält es nicht schwer, die Elektricitätsmengen zu bestimmen, welche entfernt oder zugeführt werden, wenn auch die Belegung B mit der Erde verbunden wird, d. h. die Gröfse der von Kohlrausch so benannten »disponiblen Ladung«.

Wenn keine Zwischenschichten vorhanden sind, so versteht es sich von selbst, dafs diese Menge gleich ist der gesammten auf B vorhandenen Elektricität.

Ebenso, wenn die Zwischenschichten vollkommen leitend sind, so dafs in demselben Momente, wo die Scheidungskraft von aufsen verschwindet, auch sämmtliche Elektricitäten im Innern sich wieder verbinden.

Sind aber elektrische Zwischenschichten vorhanden, bei welchen eine Verbindung der geschiedenen Elektricitäten nicht möglich ist, so mufs der Belegung B entweder eine Quantität — Elektricität entzogen, oder eine Quantität + Elektricität zugeführt werden, welche für sich allein das Potential

$$8\pi\left[\varrho\varepsilon-\Sigma\varrho_n\varepsilon_n\right]$$

hervorbringen würde.

Zwischen dieser Menge Q' und der wirklich vorhandenen Q besteht mithin die Relation

$$8\pi\frac{\varrho\varepsilon-\Sigma\varrho_n\varepsilon_n}{\varepsilon}:8\pi\varrho=Q':Q.$$

Man sieht hieraus:

Wenn zwichen den Belegungen parallele elektrische Schichten vorhanden sind, so wird durch die Entladung nicht alle auf B vorhandene Elektricität entfernt, sondern nur ein Theil derselben, und diesen nennt Kohlrausch disponible Ladung.

Bezeichnet man $8\pi\varrho\varepsilon$ durch V,

$$8\pi[\varrho\varepsilon - \Sigma\varrho_n\varepsilon_n] \text{ durch } V',$$

so erhält man

$$\frac{Q'}{Q} = \frac{V'}{V} = \frac{L'}{L},$$

wenn man durch L die disponible Ladung bezeichnet, und, falls man sie als Function der Zeit auffafst (wie es später geschehen soll), den Werth derselben nach der Zeit t durch L.

Man gelangt mithin zu dem Satze:

Die disponible Ladung ist bei derselben Entfernung der Belegungen stets dem Potentialwerth proportional.

Das Produkt $\varepsilon_n\varrho_n$ ist offenbar das, was Kohlrausch das elektrostatische Moment der Schicht n auf die Oberfläche nennt.

Das elektrostatische Moment zweier entgegengesetzt elektrischen Schichten auf die Oberflächen ist mithin gleich dem Produkte aus der Dichtigkeit in die halbe Scheidungsweite.

II.

Anwendung der gewonnenen Sätze auf das Studium der Rückstandsbildung.

§ 4.

Messung des Potentialwerthes mit dem Sinuselektrometer.

Im Vorhergehenden wurden die Principien aufgestellt, auf welchen eine Theorie der Rückstandsbildung fufsen müfste. Bei allen diesen Entwicklungen wurde meist nur der Gang der Potentialfunction ins Auge gefafst. In welchem Verhältnisse stehen aber die Werthe dieser Function zu den Gröfsen, die man factisch messen kann?

Zu den Beobachtungen der Rückstandserscheinungen

bediente sich **Kohlrausch** des von ihm erfundenen Sinuselektrometers, eines Instrumentes, welches auch jetzt noch für ähnliche Untersuchungen wohl das geeignetste ist.

Von den damit gemessenen Gröfsen sagt er, sie seyen der Spannung am Knopfe der Flasche, oder auch der disponiblen Ladung proportional. Letzteres giebt einen klaren Sinn, so lange man bei demselben Ladungsapparate, d. h. bei derselben Tafel oder Flasche bleibt; dem ersteren Ausdruck hingegen eine präcise Deutung unterzulegen, fällt schwer.

Um eine bessere Einsicht in diese Verhältnisse zu gewinnen, soll die Einrichtung des Sinuselektrometers hier einer kurzen Betrachtung unterworfen werden[1]).

Fürs Erste ist zu berücksichtigen, dafs der eigentliche Mefsapparat in ein vollkommen leitendes, mit der Erde verbundenes Gehäuse eingeschlossen ist, dafs also alle Anziehungs- und Abstofsungserscheinungen im Innern durchaus nicht beeinflufst werden von allenfalls vorhandenen geladenen Conductoren aufserhalb dieser Schale[2]).

Die im Innern des Gehäuses eintretenden Erscheinungen finden also, wenn verschiedene geladene Apparate mit dem Instrumente verbunden sind, gerade so statt, als ob die letzteren in unendlicher Entfernung sich befänden und nur durch einen unendlich dünnen Draht mit dem Elektrometer communicirten.

Nun hat aber **Kohlrausch** gezeigt, dafs, wenn man in der vorgeschriebenen Weise einstellt und abliest, die Quadratwurzeln aus den Sinussen der Ablenkungswinkel proportional sind den über die abstofsenden Arme und über die Nadel verbreiteten Elektricitätsmengen; vorausgesetzt, dafs das Kreuz, d. h. der Winkel zwischen Nadel und Arm, dasselbe bleibe.

Man hat also ein System von stets gleichbleibender Gestalt durch einen unendlich dünnen Draht (wenn man den

1) Poggendorff's Annalen Bd. 88, S. 497.
2) Green in Crelle's Journal Bd. 47, S. 167.

Fall schematisch fafst) mit unendlich weit entfernten Conductoren verbunden, und mifst Gröfsen, die den über das System verbreiteten Elektricitätsmengen proportional sind.

Denkt man sich mit einem solchen System der Reihe nach verschiedene und verschieden geladene Conductoren auf die eben angegebene Weise verbunden, so fragt es sich nun, wann die über dasselbe verbreiteten Elektricitätsmengen die gleichen seyn werden.

Aus einer einfachen Betrachtung erhellet, dafs diefs der Fall seyn wird, so oft der ganze Conductorencomplex zu demselben Potential geladen ist.

Denn sey $d\sigma$ das Flächenelement, ϱ die Dichtigkeit der daselbst aufgehäuften Elektricität und r die Entfernung desselben von einem beliebigen Punkte p im Innern der Leiter, so mufs

$$V = \int \frac{\varrho \, d\sigma}{r}$$

ausgedehnt über die ganze Oberfläche mit einander verbundenen Conductoren einen constanten Werth haben für jede Lage des Punktes p.

Beziehen sich nun die einfach accentuirten Buchstaben auf die Theile innerhalb des Gehäuses, die mit doppelten Accenten auf die aufserhalb befindlichen, so ist das Potential

$$V = \int \frac{\varrho' d\sigma'}{r'} + \int \frac{\varrho'' d\sigma''}{r''}$$

wenn man die Integrale über die entsprechenden Oberflächen ausdehnt.

Für einen Punkt innerhalb des Gehäuses ist

$$\int \frac{\varrho'' d\sigma''}{r''} = 0,$$

da ja r'' dann stets unendlich grofs zu setzen ist, und umgekehrt ist

$$\int \frac{\varrho' d\sigma'}{r'} = 0$$

für jeden aufserhalb liegenden Punkt.

Da aber der Werth V für jeden Punkt der verbundenen

Leiter constant ist, so mufs

$$\int \frac{\varrho' d\sigma'}{r'}$$

für Punkte innerhalb $= V$ seyn,

$$\int \frac{\varrho'' d\sigma''}{r''}$$

für Punkte aufserhalb $= V$ seyn.

So oft aber für ein und dasselbe System das Potential denselben Werth hat, müssen auch die darüber verbreiteten Elektricitätsmengen dieselben seyn; es mufs daher über die Theile innerhalb des Gehäuses stets dieselbe Elektrcitätsmenge verbreitet seyn, so oft der ganze Conductorencomplex zu demselben Potentialwerthe geladen ist.

Es sind aber bei einem System von gleichbleibender Gestalt auch die darüber verbreiteten Elektricitätsmengen dem Potential proportional, und da man mit dem Sinuselektrometer Gröfsen mifst, die den ersteren proportional sind, so kommt man zu dem Satze:

Man mifst mit dem Sinuselektrometer Gröfsen, welche dem Potentialwerthe, zu dem die mit einander verbundenen Leiter geladen sind, proportional sind.

Man überzeugt sich durch genauere Betrachtung der Methode, nach welcher die bei verschiedenen Kreuzen gemachten Messungen reducirt werden, dafs dieser Satz auch bei Anwendung verschiedener Kreuze richtig bleibt.

Aus dieser Untersuchung geht auch hervor, dafs man durch eine einzige Beobachtung alle Angaben ein und desselben Sinuselektrometers auf *absolutes Maafs* zurückführen kann.

Man braucht nur einen Ladungsapparat von bekannten Dimensionen, z. B. eine Kugel oder eine Franklin'sche Tafel mit kreisförmigen Belegungen mit dem Sinuselektrometer zu verbinden, die Angabe des Instrumentes zu notiren, und dann den geladenen Conductor durch ein zu absoluten Messungen eingerichtetes Galvanometer zu entladen.

Gesetzt man hätte diefs mit einer Kugel ausgeführt, so kennt man, wenn R der Radius ist, den Potentialwerth

$V = -4\pi\varrho R$ nach Angabe des Sinuselektrometers, d. i. nach einem willkürlichen Maafse, aber auch die auf der Kugel angesammelte Quantität

$E = 4\pi\varrho R^2$ und zwar nach absolutem Maafse.

Man braucht diese Zahl nur durch R zu dividiren, um den Potentialwerth nach demselben Maafse ausgedrückt zu erhalten.

Es ist mithin $V = \frac{E}{R}$, wenn man vom Zeichen absieht.

Für $E = 1$ und $R = 1$ wird also auch V gleich 1, es ist also

das Maafs des Potentialwerthes der einer Kugel vom Radius 1, geladen mit der Elektricitätsmenge 1.

§ 5.

Hypothesen der Rückstandsbildung.

a) Scheidung im Innern.

Nach Fixirung der Begriffe, welche bei geladenen Franklin'schen Tafeln eine Rolle spielen, sind wir im Stande die verschiedenen Hypothesen, welche über die Bildung des elektrischen Rückstandes aufgestellt worden sind, einer genaueren Betrachtung zu unterwerfen, und die aus ihnen sich ergebenden Folgerungen mit Schärfe zu ziehen.

Die Hypothesen, durch welche sich die Thatsachen erklären lassen, zerfallen wesentlich in zwei Klassen.

Nach der einen wird angenommen, dafs die auf den Oberflächen vorhandenen Elektricitäten im Innern des Isolators Scheidungen hervorbringen, wodurch auf die Oberflächen ein elektrostatisches Moment ausgeübt und dadurch der Potentialwerth herabgedrückt wird.

Die langsam erfolgende Wiederverbindung der im Isolator geschiedenen Elektricitäten würde dann die wiederauftretenden Rückstände bedingen.

Nach der zweiten Hypothese bildet man sich von den sogenannten Nichtleitern eine ganz ähnliche Vorstellung, wie von den vollkommnen Conductoren, man nimmt an, dafs durch den ganzen Körper hindurch unablässig elektri-

sche Scheidung und Wiederverbindung stattfinde, also gewissermafsen ein elektrischer Strom entstehe, dafs jedoch alle Bewegungen im Isolator weit langsamer vor sich gehen, als im Leiter.

Der genauere Nachweis, wie sich auf diese Art die Erscheinungen erklären lassen, soll weiter unten geliefert werden.

Unter die erste Gruppe von Hypothesen gehört die von Kohlrausch weiter verfolgte; sie soll zuerst einer schärferen Kritik unterworfen und die Schlüsse aus ihr gezogen werden, jedoch nur so weit, als diefs ohne irgend welche Annahme über das Gesetz, nach welchem die angeblichen Scheidungen erfolgen, möglich ist.

Die Scheidungen im Innern denkt man sich entweder erst hervorgebracht durch die von den geladenen Belegungen ausgeübte Scheidungskraft, oder man stellt sich vor, die Elektricitäten seyen bereits in den kleinsten Theilchen des Isolators geschieden, diese jedoch so geordnet, dafs eine Wirkung nach Aufsen nicht dadurch hervorgebracht wird, bis sie durch eine eben daher stammende Kraft gedreht werden. Letztere Ansicht ist die von Kohlrausch aufgestellte. Aus dem Folgenden wird ersichtlich seyn, dafs diese beiden Modificationen wesentlich auf dasselbe hinauskommen.

Legt man einstweilen die erste Annahme zu Grunde, so läfst sich für die weitere Untersuchung offenbar das obige Schema benutzen, wo zwischen den beiden geladenen Belegungen eine Reihe von einander isolirter leitender Schichten eingeschaltet gedacht wurde.

Denn auf jedes Partikelchen zwischen den Belegungen wirkt die gleiche Scheidungskraft, man hat also durch die ganze Masse hindurch Paare von gleich grofsen positiven und negativen Elektricitätsmengen zur gleichen Entfernung geschieden.

Von diesen Paaren werden wegen der Annahme von Homogenität des Körpers stets unendlich viele in irgend eine zwischen den Belegungen befindliche, diesen parallele Ebene zu liegen kommen.

Diefs ist aber der eben erwähnte schematische Fall.

Der Potentialwerth auf B ist alsdann

$$8\pi\varrho\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon_n].$$

Hier ist natürlich ε_n als eine Function von t, d. i. von der Zeit aufzufassen, da die Scheidung erst allmählich eintritt; wir können also, wenn ε'_n, die gröfste mögliche Scheidungsweite ist, die nach Kohlrausch's Annahme nach unendlich langer Zeit erreicht wird, schreiben:

$$L_t = 8\pi\varrho\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon'_n ft],$$

wenn, wie schon oben erwähnt, L_t die disponible Ladung nach der Zeit t ist, und $f(0) = 0$ während $f(\infty) = 1$ ist, und ft immer zwischen diesen beiden Grenzwerthen bleibt.

Hieraus leuchtet ein, dafs wenn die Erscheinungen der Rückstandsbildung wirklich durch Scheidungen im Isolator erklärt werden sollen,

die Summe der Scheidungsweiten zu der Dicke der Platten in endlichem Verhältnisse stehen mufs.

Mit anderen Worten:

Die Entfernung der in einem kleinsten Theilchen geschiedenen Elektricitäten mufs endlich seyn gegen die Entfernung dieser Theilchen von einander.

Etwas anders stellen sich diese Verhältnisse, wenn man die Elektricitäten bereits als geschieden voraussetzt.

Dann hat man die Formel:

$$8\pi\,[\varepsilon\varrho - \Sigma\varrho_n\varepsilon_n\cos\alpha_n]$$

in Betracht zu ziehen, wo α_n der Winkel ist, den die Verbindungslinie der im n^{ten} Theilchen geschiedenen Elektricitäten mit der beide Belegungen verbindenden Normalen bildet.

Eigentlich müfste man ein Integral betrachten, da sich nicht annehmen läfst, dafs der Winkel α für alle Theilchen auf derselben den Belegungen parallelen Ebene der gleiche sey, aber es handelt sich ja hier nur um den Umstand, dafs jetzt nicht mehr ε der oben aufgestellten Bedingung genügen mufs, sondern dafs man ε_n beliebig klein nehmen kann, wenn man nur ϱ_n in gleichem Maafse gröfser nimmt, da nur das Produkt $\varrho_n\varepsilon_n$ vorkommt.

Doch werden sich die übrigen Consequenzen eben so, wie bei der obigen Hypothese gestalten.

Kohlrausch führt auf Seite 77 seiner Arbeit einen entscheidenden Versuch für den Satz an, *dafs die in gleichen Zeiten gebildeten Rückstände bei derselben Flasche stets den ursprünglichen Ladungen proportional seyen*, d. h. dafs in der Formel

$$8\pi\varrho\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon'_n ft]$$

ft eine Function der Zeit sey, welche ϱ nicht als Constante enthält.

Mit anderen Worten heifst diefs: nach gleichen Zeiten sind die Scheidungsweiten stets dieselben, möge die darauf wirkende Kraft stark oder schwach seyn, nur die Mengen der geschiedenen Elektricitäten sind verschieden.

Denkt man sich nun die Tafel bei sonst gleichen Dimensionen $n$mal dicker genommen, so müssen doch auf einer die beiden Belegungen verbindenden Normalen $n$mal so viele Theilchen liegen, in denen Scheidung eintritt, d. h. es müssen $n$mal so viele Schichten vorhanden seyn; man hat also nicht nur $m\varepsilon$, sondern auch $m\Sigma\varepsilon'_n ft$ zu setzen, und so kommt also

$$L_t = 8\pi\varrho\,[m\varepsilon - m\Sigma\varepsilon'_n ft]$$
$$= 8\pi\varrho m\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon'_n ft]$$

bei der dicken Platte, während bei der dünnen die Relation

$$L_t = 8\pi\varrho\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon'_n ft]$$

besteht.

Wenn man in ersterem Falle statt ϱ den Werth $\frac{\varrho}{m}$ setzt, also beide Tafeln zu dem gleichen L_0 geladen denkt, so erhält man als Gesetz für die Rückstandsbildung in beiden Fällen

$$L_t = 8\pi\varrho\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon'_n ft] = L_0\left[1 - \frac{\Sigma\varepsilon'_n ft}{\varepsilon}\right].$$

Es folgt also aus der Annahme der im Isolator stattfindenden Scheidung:

Bei Franklin'schen Tafeln von gleichem Material und im Uebrigen gleichen Dimensionen, aber von verschiedener

Dicke mufs der Gang des Potentials auf den Belegungen durch dieselbe Function der Zeit und des Anfangswerthes L_0 *dargestellt werden.*

Es liefs sich dieser Satz schon aus dem Umstande, dafs bei der *n*mal so dicken Tafel auf jedes Theilchen nur der n^{te} Theil der Kraft wirkt, wie bei einer der von der einfachen Dicke, die zu demselben Potentialwerth geladen ist, vermuthen.

Eine geometrische Repräsentation des Satzes ergiebt sich von selbst.

Ganz eng an diesen Satz schliefst sich ein zweiter ebenfalls äufserst einfacher an.

Denkt man sich nämlich die Franklin'sche Tafel aus mehreren Stücken bestehend, d. h. aus parallelen isolirenden Platten und zwischen diese mehr oder weniger gut isolirenden Schichten eingeschaltet, deren Dicken durch $2\varepsilon_p$, $2\varepsilon_q$ u. s. w. repräsentirt werden sollen, so folgt

$$L_t = 8\pi\varrho\,[\varepsilon - \Sigma\varepsilon'_n ft - \Sigma\varepsilon_p Ft],$$

wo Ft eine Function bedeutet, welche immer zwischen 0 und 1 liegen mufs, welche beide Gränzwerthe den Fällen eines vollkommnen Isolators und eines vollkommnen Leiters entsprechen. Im Allgemeinen ist aber Ft eine Function der Zeit, wie schon die Bezeichnung andeutet.

Es leuchtet ein, dafs der Einflufs dieser Schichten um so geringer seyn wird, je dünner sie sind und je kleiner das zweite Glied ist, d. h. je kürzer die seit dem Momente der Ladung verflossene Zeit.

Unter allen Bedingungen ist aber der gröfstmögliche Einflufs, den diese Schichten in dem einen oder anderen Sinne ausüben können, leicht zu berechnen.

Man erhält mithin den Satz:

Sehr dünne Schichten von Substanzen, welche sich hinsichtlich ihres Isolationsvermögens anders verhalten als der Hauptisolator, können, wenn sie zwischen die beiden Belegungen gebracht werden, sey es, dafs sie den Hauptisolator von den Belegungen trennen, sey es, dafs sie ihn in mehrere

parallele Platten theilen, auf das Phänomen der Rückstandsbildung wenig oder fast gar keinen Einflufs haben.

§. 6.

Hypothese des Eindringens.

Aufser der Kohlrausch'schen Hypothese, giebt es noch eine andere, die ältere, durch welche sich die Erscheinungen erklären lassen.

Nach dieser letzteren nimmt man nämlich an, dafs der sogenannte Nichtleiter nur ein schlechter Leiter sey, d. h. dafs auch in ihm Bewegungen der Elektricitäten möglich seyen, aber nur weit langsamer als im Leiter.

Bei dieser Vorstellung ist ein Eindringen der auf den Belegungen vorhandenen Elektricitätsmengen ins Innere des Isolators, und dadurch hervorgebrachtes Sinken des Potentials auf den Platten nothwendige Folge.

Nach stattgehabter Entladung ist man durchaus nicht genöthigt, anzunehmen, dafs die Glastheilchen vermöge einer ihnen eigenen Repulsivkraft die Elektricitäten wieder herauspressen, sondern man braucht sich nur zu denken, dafs die jetzt auf den Platten abgelagerten Elektricitätsmengen entgegengesetzter Art, welche dazu verwandt wurden, den Potentialwerth auf *o* zu bringen, auch wieder nach demselben Gesetze eindringen, so dafs für das Wiederauftreten ganz dieselben Formeln Geltung hätten, welche sich aus der andern Hypothese ergeben.

Im Widerspruche mit der Scheidungshypothese würde bei der Annahme des Eindringens ein Einflufs der Dicke des Isolators auf das Gesetz der Rückstandsbildung äufserst wahrscheinlich seyn.

Denn stellt man sich einmal zwei sonst gleiche Tafeln vor, deren eine n mal so dick ist, wie die andere, aber auch zum n fachen Potentialwerth geladen, also mit derselben Elektricitätsmenge, so wirkt doch in beiden allenthalben dieselbe Kraft. Sollte nun nach gleichen Zeiten der Potentialwerth in beiden Fällen um den gleichen Theil des Anfangswerthes sinken, so müfsten doch im Allgemeinen

die Schichten mit gleicher Dichtigkeit bei der $n$mal so dicken Platte den $n$fachen Weg zurückgelegt haben.

Man überzeugt sich hiervon leicht, wenn man die auf den Belegungen vorhandenen Elektricitäten in Schichten nach innen rücken läfst; dann sieht man sogleich, dafs die Verrückung der Schichten in gleichen Zeiten immer den Entfernungen der Belegungen proportional seyn mufs, wenn in beiden Fällen proportionale Depression der Potentialwerthe stattfinden soll.

Da man aber nicht einsieht, weshalb bei gleichen wirkenden Kräften und gleichen Elektricitätsmengen die letzteren ungleiche Wege zurücklegen sollten, so wird ein Einflufs der Dicke auf den Gang des Potentials sehr wahrscheinlich.

Beinahe von selbst verständlich ist, dafs eine Schicht einer fremden Substanz zwischen Belegung und Isolator, also z. B. das Bindemittel oder die Oberfläche des Isolators selbst, nach dieser Hypothese einen bedeutenden Einflufs mufs erlangen können.

Ist das Bindemittel leitend, dann hat man eben einfach eine dünnere Tafel, ist es aber isolirend und setzt es z. B. der eindringenden Elektricität einen gröfseren Widerstand entgegen als der Hauptisolator, so werden dadurch offenbar die Erscheinungen der Rückstandsbildung verlangsamt werden müssen.

Ebenso läfst sich vermuthen, dafs, wenn diese Ansicht die richtige ist, dünne Zwischenschichten, welche den Hauptisolator in mehrere Platten theilen, je nachdem einen ziemlich bedeutenden Einflufs ausüben werden. Denn legt man z. B. zwei auf beiden Seiten mit gleichen Belegungen versehene Franklin'sche Tafeln aufeinander, so wird, wenn das Gesetz über den Gang des Potentials bei der einen ausgedrückt wird, durch

$$L_t = L_0 \varphi t,$$

bei der andern durch

$$L_t = L_0 \varphi_1 t,$$

die Veränderung, welche beide zusammen erfahren, durch das Gesetz

$$L_t = L_0 [\varphi t + \varphi_1 t],$$

oder, nach dem bekannten Grundgesetz der Proportionalität zwischen der disponiblen Ladung in jedem Moment und dem Anfangswerth, durch

$$L_t = \frac{L_0}{2} [\varphi t + \varphi_1 t]$$

dargestellt.

Sey die eine Belegung der Tafel, auf welche sich φt bezieht, mit der Erde in Verbindung, die andere Belegung mit Elektricität geladen worden, welcher der Werth L_0 entsprach, so wird nach der Zeit t der Potentialwerth auf dieser Belegung ausgedrückt durch $L_0 \varphi t$. Auf dieser letzteren Belegung soll nun die andere Tafel liegen. Da ist fürs Erste klar, dafs auf keinen Punkt des Raumes, in welchem diese zweite Tafel sich befindet, von der ersten eine Kraft ausgeübt wird; nur das Potential wird in diesem ganzen Raume stets um $L_0 \varphi t$ erhöht werden. Würde nun der zweiten Tafel auf der von der ersten abgewandten Belegung eine Elektricitätsmenge L_0 mitgetheilt, während ihre andere Belegung mit $-L_0$ geladen wurde, und dann sofort auf die erste Tafel gelegt, so wird doch auch diese zweite Tafel keine Kraft ausüben auf Punkte der ersten.

Das Potential wird mithin auf der oberen Belegung der ersten und auf der unteren Belegung der zweiten Tafel immer den Werth $L_0 \varphi t$ behalten, und der Unterschied zwischen dem Potential auf der oberen Belegung der zweiten Tafel und auf deren unteren mufs immer $L_0 \varphi_1 t$ seyn, mithin das Potential auf der oberen Belegung

$$L_0 (\varphi t + \varphi_1 t).$$

Sind die beiden Tafeln einander gleich, so folgt daraus

$$2 L_0 (\varphi t)$$

oder

$$L_0 (\varphi t).$$

Eine doppelt so dicke Tafel hätte aber wahrscheinlich ein anderes Gesetz für den Gang der Ladung.

Man sieht hieraus:

Abhängigkeit des Gesetzes der Rückstandsbildung von der Dicke der Tafel bedingt auch einen Einflufs eingeschalteter Schichten.

Denn als eine solche können wir doch die beiden in Berührung befindlichen Belegungen ansehen [1]).

Denkt man sich die Schicht in ihrem Verhalten sich dem Isolator nähern, so wird man sich hiemit dem Falle einer dickeren Tafel nähern, und nimmt man schliefslich sogar an, dafs die Schicht ein besseres Isolationsvermögen habe als der Hauptisolator, so kann dieser Fall noch überschritten werden, da die allenfallsige Verbindung in der Mitte erschwert werden würde.

Will man jedoch durchaus an der Vorstellung der molecularen Scheidungen festhalten, so kann man auch aus dieser nach Einführung einiger Modificationen, die eben erhaltenen Consequenzen ziehen.

Man braucht nämlich nur anzunehmen, dafs die Scheidung nicht gleichzeitig durch den ganzen Isolator hindurch eintrete, d. h. nicht sowohl durch die Kraft, welche von den auf den Belegungen angesammelten Elektricitätsmengen auf jeden Punkt direct ausgeübt wird, als vielmehr durch eine Wirkung von Schicht auf Schicht hervorgebracht wird.

Dann müfste die Scheidung zuerst in den Theilen eintreten, welche den Belegungen am nächsten liegen, und erst allmählich nach innen weiter schreiten.

Diese Vorstellung ist der von der Fortpflanzung der Wärme durch feste Körper analog.

1) Es könnte für einen Augenblick unwahrscheinlich klingen, wenn man behauptet, dafs sogar eine unendlich dünne Zwischenschicht einen bedeutenden Einflufs äufsere auf die Bewegung der Elektricitäten im Innern einer Franklin'schen Tafel; doch verschwindet diese Unwahrscheinlichkeit sofort, wenn man sich nur erinnert, dafs jeder Leiter, wie klein und dünn er auch seyn möge, als ein unerschöpfliches Reservoir für beide Elektricitäten mufs angesehen werden, welche er in unendlichen Mengen liefern kann, so lange nur die nöthigen Scheidungskräfte auf ihn wirken.

Ferner mufs man aber dann auch noch zulassen, dafs von einem Molecül zum andern Verbindung der entgegengesetzten Elektricitäten möglich sey, denn sonst könnte man die obenerwähnte Thatsache, dafs es Leydener Flaschen giebt, die sich nicht laden lassen, durchaus nicht erklären.

Macht man aber diese Modificationen, so hat man schliefslich doch wieder nichts anderes als Fortschreiten der Elektricität von aufsen nach innen d. h. Eindringen.

III.

Kurze Uebersicht über den Gang der Experimental-Untersuchung und Auszüge aus einigen Beobachtungsreihen.

Die oben angestellten allgemeinen Betrachtungen über die Consequenzen, welche aus den verschiedenen Hypothesen über die Rückstandsbildung fliefsen, haben hauptsächlich auf zwei Punkte geführt, deren experimentelle Begründung eine Entscheidung zwischen den verschiedenen Hypothesen herbeiführen mufs.

Die beiden Hauptfragen; die durch den Versuch entschieden werden müssen, sind:

Hat das Bindemittel einen Einflufs auf das Gesetz der Rückstandsbildung?

Ist diefs Gesetz das gleiche bei Tafeln verschiedener Dicke, aber von gleicher Substanz, oder findet eine Abhängigkeit von der Dicke statt?

Mit der letzteren im engen Zusammenhang steht auch die nach dem Einflusse eingeschalteter Schichten.

Auf die Lösung dieser Fragen waren meine Bemühungen gerichtet.

Was den Einflufs des Bindemittels und den von eingeschalteten Schichten betrifft, so glaube ich die Existenz eines solchen constatirt zu haben.

Eine Abhängigkeit der Rückstandscurve von der Dicke wurde durch meine Versuche sehr wahrscheinlich, und zwar in dem oben vermutheten Sinne.

Doch war es mir bisher unmöglich, den Versuchen in dieser Hinsicht auch nur die zur einfachen Constatirung

der Thatsache nöthige Genauigkeit zu geben und hinreichend constante Resultate zu erhalten.

Sobald ein Einflufs des Bindemittels, der Oberflächenbeschaffenheit, nachgewiesen war, liefs sich eigentlich schon voraussehen, dafs die Erreichung constanter Resultate mit den gröfsten Schwierigkeiten verbunden seyn müsse, da man es mit sehr schwer bestimmbaren Factoren zu thun hat.

Die Hoffnung, den Einflufs der Dicke durch Aufeinanderlegen verschiedener Platten, von denen nur die äufsersten belegt waren[1]), zu erforschen, mufste aufgegeben werden, sobald die Beschaffenheit der Trennungsflächen modificirend auf die Erscheinungen einwirkte.

Glasplatten von verschiedener Dicke können kein Resultat geben, da man nicht voraussetzen kann, dafs man zwei wirklich ganz aus der gleichen Mischung und auf gleiche Weise bereitete vor sich habe, und es bekannt ist, wie grofse Differenzen verschiedene Gläser hinsichtlich der Rückstandsbildung darbieten.

Es bleibt also nichts übrig, als sich Tafeln von anderen isolirenden Substanzen zu verschaffen, bei denen man Homogenität voraussetzen kann, z. B. von Wachs oder Stearin.

1) Bei Versuchen mit solchen Platten fand ich, dafs selbst bei ganz trockenen Glasplatten, die auf ihren äufseren Seiten mit Belegungen versehen sind, wenn man die letzteren ladet, auf den Trennungsflächen beider sich Influenzelektricität ablagert, deren Wiedervereinigung beim Auseinandernehmen unter lebhaftem Knistern erfolgt, eine Erscheinung, die die von Gaugain ausgesprochene Ansicht hinsichtlich des Funkenüberspringens zwischen zwei einseitig belegten Glasplatten, welche in den Schliefsungsbogen des Ruhmkorff'schen Inductionsapparates eingeschaltet sind, unzweideutig bestätigt. Ich führe diefs hier an, weil du Moncel in seiner Schrift über den Ruhmkorff'schen Inductionsapparat (deutsch von Bromeis und Bockelmann. Frankfurt a. M. Sauerländer 1857) sagt: »Hr. Gaugain glaubt, dafs die Luftschicht zwischen den Platten durch Vertheilung elektrisch werde . . . . Es ist jedoch vielleicht etwas gewagt anzunehmen, dafs eine isolirende Substanz, wie die Luft, durch Vertheilung elektrisch werden könne.« — Giebt es nicht auf jeder Oberfläche genug Staubtheilchen oder verdichtete Dünste, um als Halbleiter zu dienen?

An Wachstafeln habe ich auch experimentirt, jedoch ist es mir weder gelungen, damit constante Resultate zu erhalten, noch auch zu sondern, wie weit diese Veränderungen von solchen im Bindemittel oder an der Oberfläche, von solchen im Innern (etwa Temperaturerhöhungen) oder gar im isolirenden Rande, der natürlich auch von Wachs war, auf den sich also Staub u. s. w. ansetzen konnte, herstammten.

Aus diesen Gründen werde ich mich daher auf die Mittheilung einiger Beobachtungen hinsichtlich des Bindemittels und der Zwischenschichten beschränken.

Die Messungen wurden vorgenommen mit einem Kohlrausch'schen Sinuselektrometer, das auf einem eichenen, gut an der Wand des Zimmers befestigten Brette etwa in der Mitte eines mit Doppelfenstern versehenen, nach Nord-Nord-Osten zeigenden Fensters stand.

Da ich kein zweites Elektrometer besafs, um die Ladung der Flaschen, welche dem zu untersuchenden Ladungsapparate Elektricität mittheilen sollten, nach der von Kohlrausch befolgten Methode vorauszubestimmen, so mufste ich mir einen Commutator herstellen von der Art, dafs er zuerst Elektrometer und Flaschen verband, darauf im Momente der Commutation mit diesen beiden noch den Ladungsapparat, und schliefslich letzterer allein mit dem Elektrometer in Zusammenhang blieb.

Zugleich war eine Vorrichtung angebracht, um einen galvanischen Strom, der einen Elektromagnet umflofs, und dadurch die Nadel des Elektrometers auf den Punkt brachte, auf welchen der Potentialwerth der Batterie durch Verbindung mit der Tafel sank, im Momente der Ladung zu unterbrechen.

Es wurde jedoch letzteres Mittel nur sehr selten angewandt, da mir sehr grofse Leydener Flaschen zu Gebote standen, welche die Tafel beinahe zu demselben Potentialwerthe luden, wie sie selbst geladen waren, und also dasselbe nichts zur Erleichterung der Beobachtungen am Anfange beigetragen hätte.

Den Werth L_0 zog ich vor, nach dem von Kohlrausch gefundenen und auch durch meine Versuche bestätigten Satze, dafs die Rückstandscurve in den ersten Zeittheilchen Parabelbögen sehr nahe komme, zu berechnen, konnte ich ja doch auch nicht ganz sicher seyn, dafs die Commutation stets in derselben sehr kleinen Zeit geschah, ja nahm ich sie sogar, wenn die Veränderungen zu rasch waren, um beobachtet werden zu können, öfters in gemessener Zeit vor.

In diesem Falle ist es jedoch klar, dafs diefs Rechnungsverfahren wenig Genauigkeit bieten kann; man müfste dann zu complicirteren und mühsameren Interpolationsmethoden seine Zuflucht nehmen, deren Anwendung sich wenigstens bei den Versuchen, die ich nach diesem Ladungsverfahren machte, und die alle rein qualitativer Natur waren, nicht der Mühe lohnte.

Von der vollkommenen Isolation des Commutators hatte ich mich überzeugt, sowie ich Sorge getragen hatte, dessen Dimensionen so zu wählen, dafs weder vor noch nach der eigentlichen Ladung durch Glimmentladungen u. s. w. Elektricität von der Batterie auf die Tafel gelangen konnte.

Der Ladungsapparat war bei den folgenden Versuchen eine Franklin'sche Tafel aus gewöhnlichem Fensterglas, rechteckig 1,5^{mm} dick, 375^{mm} lang und 340^{mm} breit.

Sie war mit Hülfe von Kleister auf der einen Seite mit einer kreisförmigen Stanniolbelegung von 109^{mm} Halbmesser versehen.

Der Rand war in der Hitze mit trocknem Schellack versehen, ein Umstand, der sehr zu beachten ist, da auch die beste Schellacklösung nicht dieselben Dienste thut.

Ich fand diese ziemlich mühsame Operation am besten ausführbar in einem grofsen Sandbade, auf das starkes Papier gelegt war.

Wie gut dieser Rand isolirte, werden später angeführte Beobachtungsreihen beweisen.

Aufser dieser Tafel, die I. heifsen soll, war noch eine

zweite II. vorhanden, eine einfache Glastafel von derselben Sorte, Länge, Breite und Dicke.

Man konnte also entweder I. allein anwenden, oder sie in der Art auf II. auflegen, dafs zwischen beiden innige Berührung stattfand. (Es sind bekanntlich alle Fensterscheiben etwas gekrümmt.)

Als untere Belegung diente eine einfache mit Stanniol beklebte Pappscheibe, die durch einen starken Kupferdraht mit einer in der feuchten Erde des Gartens vergrabenen Metallplatte in Verbindung stand.

Die zuerst gehegte Hoffnung, durch Auflegen auf Quecksilber eine innigere Berührung herzustellen, gab ich auf, da es mir nur selten gelang, eine solche ohne grofse Luftblasen dazwischen zu Stande zu bringen.

Die beklebte Pappscheibe lag auf einem Holzklotze, der an einen Tisch genagelt war, ein wenig tiefer als das Elektrometer, etwa 1 Meter von letzterem entfernt; zwischen Tisch und Sinuselektrometer stand auf einem Stativ, das etwa halb so hoch war als jener, der Commutator.

Die Werthe von $L_{\prime}$ sind nach einem willkührlichen Maafse, und zwar ohne irgend welche Correction gegeben [1]).

L_0 wurde auf dem oben angedeuteten Wege berechnet, wo es einigermafsen thunlich schien. Die unter $L'_{\prime}$ stehen-

1) Die Einheit war so gewählt, dafs ich, um den gwünschten Potentialwerth zu erhalten, nur den zum Sinus des beobachteten Ablenkungswinkels gehörigen Logarithmus aufzuschlagen, 9 davon abzuziehen, und dann durch 2 zu dividiren hatte; die so erhaltene Zahl vermehrt um eine auf das Kreuz bezügliche Constante gab den Logarithmus des gesuchten Potentialwerthes. Für das Kreuz, bei welchem ich die meisten Beobachtungen (die der wiederauftretenden Rückstände) zu machen hatte, war diese Constante gleich 0. Die von Kohlrausch angewendete Correction der Resultate wegen des Elektricitätsverlustes an die Luft kann hinsichtlich ihrer Richtigkeit bedeutende Bedenken erregen. Ich habe durch Verbindung von rein theoretischen Betrachtungen mit Versuchen über die Gröfse des Einflusses des Verlustes an Luft und Stützen mir näherungsweise Kenntnifs zu verschaffen gesucht, und da sich dieser Einflufs als sehr gering ergab, vorgezogen die Resultate unverändert mitzutheilen.

den Werthe sind der bequemeren Uebersicht wegen auf den Anfangswerth $L_0 = 10,00$ reducirt. Die Batterie war jedesmal auf den Potentialwerth 12,95 gebracht.

Von den Beobachtungsreihen wurde immer nur der Anfang gegeben. Die wiederauftretenden Rückstände wurden meist lange beobachtet; im Ganzen schlossen sie sich dem vermutheten Gesetze an.

Ich lasse nur einige Versuchsreihen folgen.

Den 3. März.

1) Die Tafel I. lag einfach auf II. und diese auf der Pappscheibe. Es wurde während drei Secunden commutirt.

t	L_t	L'_t
0	(8,25)	10,00
10	5,60	6,78
22	4,32	5,23
64	3,18	3,72
102	2,43	2,94

2) Zwischen die beiden Platten wurde etwas Mohnöl gebracht; während 3 Secunden commutirt.

t	L_t	L'_t
0	(8,88)	10,00
15	5,60	6,42
24	4,32	4,86
42	3,74	4,21
61	3,18	3,58
109	2,43	2,73

Den 5. März.

1) Tafel I. lag auf II., diese auf der stanniolüberzogenen Pappe, zwischen beiden Tafeln befand sich etwas Oel; während 3 Secunden commutirt.

t	L_t	L'_t
0	(8,40)	10,00
20	5,60	6,66
42	4,32	5,14
79	3,47	4,13
164	2,43	2,89

2) Die öligen Oberflächen der Tafeln waren durch Am-

moniak gereinigt worden, doch war auf denselben noch eine seifige Schicht zurückgeblieben; während 3 Secunden commutirt[1]).

t	L_t
0	
38	5,60
167	3,47
410	2,43

3) Die betreffenden Flächen werden noch einmal mit Ammoniak behandelt; im Uebrigen blieb Alles wie vorhin.

t	L_t
0	
15	7,65 (?)
59	4,32
114	4,21
158	3,18
225	2,83
361	2,43

Bei genauerer Betrachtung zeigten sichen die Oberflächen immer noch etwas seifig.

4) Die betreffenden Flächen wurden noch einmal stark mit Ammoniak, Alkohol und endlich noch mit Wasser behandelt, sie wurden feucht auf einander gelegt. Sonst Alles wie oben.

t	L_t
0	
23	5,60
50	3,47
100	2,43

Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs es von geringem Einflufs war, wenn einige Tropfen Oeles zwischen den

1) Es mag auffallen, dafs gerade bei dieser Messungsreihe, wo die Veränderungen so langsam vor sich gingen, so wenige Beobachtungen gemacht wurden. Doch hat diefs einfach seinen Grund darin, dafs man bei Beobachtungen mit dem Sinuselektrometer schon im Voraus etwas über die Geschwindigkeit der Aenderung des Standes der Nadel unterrichtet seyn mufs, wenn man rasch beobachten soll; da ich nun nicht auf so geringe Aenderung gefafst war, so gelang das Einstellen nicht gut.

Glasplatten sich befanden; auch wenn die Platten einfach mit möglichst gut gereinigten Flächen auf einander gelegt waren, kamen ähnliche Differenzen in den Versuchen vor, wie zwischen der Reihe 2 vom 3. und der Reihe 1 vom 5. März.

Eine sehr bedeutende Verlangsamung in der Abnahme des Potentials zeigt jedoch die Versuchsreihe 2 und 3 vom 5. März eine grofse Beschleunigung die Reihe 4.

Als bei ziemlich vielen folgenden Beobachtungen Talg statt des Oeles zwischen die Platten gebracht worden war, ergaben sich Reihen, welche der zweiten vom 3. März sehr ähnlich waren; als jedoch beide Oberflächen soweit gereinigt waren, dafs keine Adhäsion, d. h. keine vollständige Verbindung mehr zwichen ihnen stattfand, sondern die Gegenwart des Fettes nur noch durch das Verhalten eines Wassertropfens auf den Flächen erkannt werden konnte, trat eine ziemlich bedeutende Verlangsamung ein, während nach noch stärkerer Reinigung und Benetzung der Platten mit Wasser der Potentialwerth sogar noch etwas rascher sank als in Reihe 4 vom 5. März.

Dafs bei allen diesen Versuchen besonders darauf Acht gegeben wurde, den Schellackrand und den Theil der Flächen, welcher nicht zwischen den Belegungen lag, trocken zu halten, versteht sich von selbst.

Es sollen jedoch hier noch einige Versuchsreihen folgen, welche die Vollkommenheit der Isolation des Randes in helles Licht setzen:

Den 8. März.

1) Die Tafel I lag auf der belegten Pappscheibe. Momentan commutirt. Die berührende Fläche war trocken, doch kann über deren Beschaffenheit weiter nichts ausgesagt werden, da die Tafel schon bei sehr vielen Versuchen benutzt worden war, also ihre Oberfläche schon viele Veränderungen erlitten hatte.

t	L_t	L'_t
0	(11,26)	10,00
25	9,44	8,39
98	7,65	6,80
227	5,97	5,30
250	5,76	5,12
269	5,60	4,97
278	5,28	4,69
318	4,82	4,28
365	4,53	4,02
405	4,32	3,84
434	4,17	3,70
474	3,97	3,53
535	3,74	3,32
603	3,47	3,08
680	3,18	2,82
792	2,83	2,51
952	2,43	2,16

2) Die vorige Reihe wurde wiederholt, nur mit dem Unterschiede, dafs der untere Rand der Tafel, soweit er nicht die Pappe berührte, stark benetzt war; es ergab sich:

t	L_t	L'_t
0	10,95	10,00
80	7,65	6,99
182	5,97	5,45
207	5,67	5,18
216	5,60	5,11
260	5,29	4,83
278	5,06	4,62
310	4,82	4,40
363	4,52	4,13
388	4,32	3,99
414	4,17	3,81
513	3,74	3,42
571	3,47	3,17
657	3,18	2,90
772	2,83	2,58
936	2,43	2,22

3) Die ganze untere Fläche der Tafel I. war mit Wasser benetzt. Momentan commutirt.

t	L_t
53	2,09
83	1,51
96	1,05

Die Vergleichung der Reihen 1 und 2 liefert den deutlichsten Beweis für die Güte des isolirenden Randes, denn hätte sich die Elektricität über den Rand weg verbunden, so hätte diefs bei der Reihe 2 in erhöhtem Maafse geschehen müssen.

Die Reihe 3 setzt den Einflufs einer Schicht zwischen Isolator und Belegung in klares Licht.

Die hier angeführten Versuchsreihen sind aus einer sehr grofsen Anzahl ausgewählt; alle gaben, wenn auch nicht der Gröfse nach, doch wenigsten dem Sinne nach, dieselben Resultate.

Sie alle zeigten, dafs Veränderungen der Oberflächen von grofsem Einflusse sind, und dafs der Rand so gut isolirte, als man nur irgend wünschen konnte.

Da jedoch alle diese Versuche nur qualitative Resultate gaben, so halte ich eine genauere Beschreibung der Apparate und eingehendere Kritik der Versuche hier für überflüssig.

Den 26. März.

1) Die Tafel I. mit gut getrockneter Unterfläche. Momentan commutirt.

t	L_t	L'_t
0	(11,29)	10,00
44	7,65	6,77
73	6,60	5,84
130	5,06	4,48
176	4,52	4,00
202	4,21	3,73
230	3,85	3,42

2) Die ganze untere Fläche der Tafel I. war mit Wachs bestrischen. Momentan commutirt. I. allein.

t	L_t	L'_t
0	(9,76)	10,00
65	7,65	7,83
100	7,14	7,32
134	6,60	6,72
164	6,28	6,43
202	5,91	6,06
240	5,60	5,74
280	5,27	5,40
340	4,81	4,93
391	4,53	4,64
446	4,21	4,31
588	3,85	3,94

Dieselbe Versuchsreihe wurde mit recht guter Uebereinstimmung mit positiver und mit negativer Elektricität wiederholt. Die beiden letzten Beobachtungsreihen bestätigen von Neuem den Einflufs eingeschalteter fremdartiger Schichten zwischen Isolator und Belegung.

Die gewonnenen Resultate lassen sich in folgenden Worten zusammenfassen:

Bei einer Franklin'schen Tafel mit beweglichen Belegungen wird der Gang des Potentials wesentlich beeinflufst durch die Beschaffenheit der Oberflächen des Isolators, und durch dünne Zwischenschichten; und zwar wird durch Benetzen mit Wasser das Sinken beschleunigt; durch Trockenheit der Fläche, durch Bestreichen mit Wachs und Seife hingegen verlangsamt.

Bei einer Franklin'schen Tafel, deren Isolator aus zwei getrennten Platten besteht, ist die Aenderung des Potentials abhängig von der Beschaffenheit der einander berührenden Flächen der Isolatorplatten, und allenfalls eingeschalteter dünner Schichten, und zwar zeigt Benetzen mit Wasser einen beschleunigenden, Trockenheit der Oberflächen und Seife einen verlangsamenden Einflufs.

Diese beiden Thatsachen lassen sich mit der von Kohlrausch aufgestellten Hypothese nicht vereinigen, und sprechen lebhaft für die Richtigkeit der Theorie des Eindringens.

IV. *Ueber die Constitution der Oxacetsäuren; von W. Heintz.*

In dem Folgenden will ich einige Beobachtungen über die Oxacetsäuren mittheilen, welche dazu dienen mögen, das, was schon im 109. Bande dieser Annalen S. 301 und 470 darüber gesagt ist, zu vervollständigen und zu erweitern.

Seite 488 des erwähnten Aufsatzes habe ich angeführt, dafs es mir nicht habe gelingen wollen, die aus der Monochloressigsäure dargestellte Glycolsäure, welche in allen übrigen Eigenschaften mit der auf andere Weise erzeugten Glycolsäure übereinstimmte, so dafs ich sie damit für identisch erklären zu müssen glaubte, durch Einwirkung von Benzoësäure in Benzoglycolsäure umzuwandeln. Doch sprach ich es schon als Vermuthung aus, dafs das Mifslingen dieses Versuches wohl in dem Umstande seinen Grund haben möchte, dafs ich die Temperatur, bei welcher ich die beiden Säuren auf einander einwirken liefs, nicht hoch genug gesteigert hatte; sie war nämlich nur 190° C. gewesen. Strecker[1]) giebt aber an, die Bildung der Benzomilchsäure geschehe am leichtesten bei einer Temperatur von 200° C. Ich hatte mich auch überzeugt, dafs die Bildung von Glycolid aus der Glycolsäure bei einer Temperatur am besten gelingt, die noch höher liegt, als 200° C.

In der Meinung, dafs diese im Zusammenhange stehen möchte mit der Bildung der Benzoglycolsäure, so zwar, dafs eben jener Körper es sey, nicht das Glycolsäurehydrat, welcher in Berührung mit Benzoësäure jene Säure erzeuge, wiederholte ich den erwähnten Versuch mit der Abänderung noch einmal, dafs ich eine Temperatur von 210° C., die stellenweis selbst noch etwas höher stieg, in Anwendung brachte.

1,060 Grm. Glycolsäurehydrat und 1,8 Grm. Benzoësäurehydrat wurden 6 Stunden bei dieser Temperatur er-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 91, S. 360.

hitzt. Das Product war eine in der Hitze flüssige, beim Erkalten krystallinisch erstarrende, dunkelbraune Masse. Sie wurde mit kaltem Wasser zerrieben und gewaschen, um etwa noch vorhandene Glycolsäure zu entfernen. Beim Verdunsten der Waschwasser bei sehr niedriger Temperatur schied sich ein ölartiger Körper ab, welcher beim Erkalten fest wurde und alle Eigenschaften der Benzoglycolsäure besafs. Ich trennte ihn von der wässerigen Flüssigkeit und fügte ihn dem in Wasser nicht gelösten Theile bei. Die ganze Menge dieser in Wasser schwer löslichen Substanz löste ich mit Hülfe von soviel kohlensaurer Natronlösung, dafs die Flüssigkeit noch sauer blieb, in Wasser auf, verdunstete die Lösung im Wasserbade zur Trockne und zog den Rückstand mit Aether aus, der die frei gebliebene Benzoësäure auflösen mufste. Die darin nicht lösliche Masse löste ich nochmals in wenig Wasser, fügte vier Tropfen Schwefelsäure hinzu und schüttelte die Mischung mit Aether. Dieser nahm eine Säure auf, die beim Verdunsten des Lösungsmittels in fester Form zurückblieb und keine Benzoësäure mehr enthielt; denn beim Erhitzen derselben im Wasserbade zwischen zwei Uhrgläsern konnte keine Spur eines sublimirbaren Körpers entdeckt werden. Deshalb fällte ich nun die Lösung des restirenden Natronsalzes durch eine Säure, wusch den Niederschlag mit Wasser aus und gewann noch etwas von der Säure, die zum Theil in die Waschwasser übergegangen war, durch Schütteln derselben mit Aether; sie blieb beim Verdunsten derselben zurück.

Diese so gewonnene Säure besafs alle Eigenschaften der Benzoglycolsäure, so weit sie bis jetzt bekannt sind. Ich kann wohl unterlassen, sie zu wiederholen.

Nur den Schlufsbeweis der Identität dieser Säure mit der Benzoglycolsäure, die Elementaranalyse, will ich noch anführen.

0,3660 Grm. derselben lieferten 0,8020 Grm. Kohlensäure und 0,1498 Grm. Wasser, entsprechend 0,21873 Grm. oder 59,76 Proc. Kohlenstoff und 0,01664 Grm. oder 4,55 Proc. Wasserstoff.

Die Säure bestand also aus:

	gefunden	berechnet	
Kohlenstoff	59,76	60,00	9 C
Wasserstoff	4,55	4,44	8 H
Sauerstoff	35,69	35,56	4 Θ
	100	100.	

Demnach kann in der That aus der durch Einwirkung von Alkali auf Monochloressigsäure gebildeten Glycolsäure Benzoglycolsäure erzeugt werden, und ich glaube, dafs hiedurch der letzte Zweifel an der Identität derselben mit der auf andere Weise dargestellten Glycolsäure gehoben ist.

Wenn aber wirklich die Glycolsäure bei einer höheren Temperatur, als ich früher angewendet hatte, auf Benzoësäure wirkend, die Entstehung der Benzoglycolsäure veranlassen kann, so liegt die Vermuthung nahe, dafs, wenn ich das Gemisch von Methoxacetsäure mit Benzoësäure (s. diese Ann. Bd. 109, S. 318) dieser hohen Temperatur ausgesetzt hätte, ebenfalls die Bildung von Benzoglycolsäure, natürlich unter Abscheidung von Methylalkohol eingetreten seyn könnte. Ob wirklich die Oxacetsäuren unter dem Einflufs einer über 200° C. steigenden Temperatur durch Benzoësäure in der angedeuteten Weise zersetzt werden, diefs zu ermitteln, bediente ich mich diefsmal nicht der Methoxacetsäure, sondern der Amoxacetsäure, weil es darauf ankam, die Temperatur der Mischung der Säure mit Benzoësäurehydrat über 200° C. zu steigern, erstere aber schon bei 178° C. kocht, während letztere erst bei einer Temperatur von 235 bis 240° C. siedet. 1,578 Grm. Amoxacetsäure wurden in einem Reagirglase mit 1,4 Grm. Benzoësäure gemischt und die Mischung 7 Stunden auf 200 bis 215° C. erhitzt. Die erkaltete Masse wurde mit verdünnter Lösung von kohlensaurem Natron schwach übersättigt, wobei kein Geruch nach Amylalkohol bemerkt werden konnte und die filtrirte Lösung mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzt. Es entstand ein krystallinischer Niederschlag, der unter dem Mikroskop vollkommen wie Benzoësäure erschien. Die von dem Niederschlage abfiltrirte Flüssig-

keit wurde noch einmal ebenso mit Schwefelsäure behandelt, und dieselbe Operation mit dem Filtrat noch dreimal wiederholt. In allen Fällen entstanden krystallinische Niederschläge, die aus Benzoësäure bestanden, was dadurch bewiesen wurde, dafs Proben dieser fünf Niederschläge zwischen zwei Uhrgläsern im Wasserbade erhitzt, ein vollkommen der sublimirten Benzoësäure gleichendes Sublimat lieferten.

Die Identität dieser Säure mit der Benzoësäure habe ich durch die Analyse festgestellt, die folgende Zahlen lieferte:

0,2019 Grm. derselben gaben 0,5053 Grm. Kohsensäure und 0,0905 Grm. Wasser entsprechend 0,13781 Grm. oder 68,25 Proc. Kohlenstoff und 0,01006 Grm. oder 4,92 Proc. Wasserstoff. Ihre Zusammensetzung ist also:

	gefunden	berechnet	
Kohlenstoff	68,26	68,85	7 C
Wasserstoff	4,98	4,92	6 H
Sauerstoff	26,76	26,23	2 O

Die Mutterlauge von der fünften Fällung lieferte auf Zusatz von einem Tropfen verdünnter Schwefelsäure keine Benzoësäure mehr. Es entstand dadurch eine Trübung durch ölartige Körper und zugleich entwickelte sich der Geruch der Amoxacetsäure. Diese Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Natron genau neutralisirt, auf ein geringes Volum gebracht und mit Chlorcalcium gefällt. Der Niederschlag wurde mit wenig Wasser gewaschen, geprefst, dann, um den schwefelsauren Kalk zu entfernen, in kochendem Alkohol gelöst und die Lösung verdunstet. Beim freiwilligen Verdunsten bildeten sich theils krystallinische Körper, theils an den Rändern büschelartige Vereinigungen feiner nadelförmiger Krystalle. Beide bestanden, wie die Elementaranalyse lehrt, aus amoxacetsaurem Kalk, dem noch eine gewisse Menge benzoësauren Kalks beigemengt war.

I. 0,1834 Grm., die bei 100° C. getrocknet worden waren, hinterliefsen geglüht 0,0593 Grm. kohlensauren Kalk, entsprechend 0,02373 Grm. oder 12,94 Proc. Calcium.

II. Aus 0,1378 Grm. erhielt ich 0,2494 Grm. Kohlensäure, 0,0849 Grm. Wasser und im Schiffchen blieben 0,0441 Grm. eines Gemisches von kohlensaurem und kaustischem Kalk, welches nach Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak 0,0444 Grm. wog. Hiernach bestand das Salz aus 0,07327 Grm. oder 53,17 Proc. Kohlenstoff, 0,00943 Grm. oder 6,84 Proc. Wasserstoff und 0,01776 Grm. oder 12,89 Proc. Calcium.

Folgende Tabelle enthält die gefundenen und die nach den Formeln $C^7 H^{13} Ca O^3$ und $C^9 N^7 Ca O^4$ berechneten Zahlen:

	I	II	berechnet	berechnet
Kohlenstoff	—	53,17	50,91 C^7	54,27 C^9
Wasserstoff	—	6,84	7,88 H^{13}	3,52 H^7
Calcium	12,94	12,89	12,12 Ca	10,05 Ca
Sauerstoff	—	27,10	29,09 O^3	32,16 O^4
		100	100	100.

Man sieht, dafs die gefundenen Zahlen weder genau mit der Zusammensetzung des amoxacetsauren noch des benzoglycolsauren Kalks stimmen, und dafs sie auch nicht durch eine Mischung beider entstehen können. Wohl aber kann ein Gemisch von amoxacetsaurem und benzoësaurem Kalk zu Zahlen führen, wie sie gefunden sind. Ein Gemisch nämlich aus zwei Atomen des ersteren und einem Atom des letzteren hat folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	53,50
Wasserstoff	6,58
Calcium	12,74
Sauerstoff	27,18
	100.

Die Beimengung von benzoësaurer Kalkerde in dem analysirten Salze wurde dadurch nachgewiesen, dafs ein Theil desselben in Salzsäure gelöst, Oltropfen absetzte, neben welchen, als die saure Flüssigkeit sich selbst überlassen blieb, endlich kleine, mikroskopische Blättchen anschossen, die vollkommen den Krystallchen der Benzoësäure glichen.

Die eben beschriebenen Versuche waren schon ausgeführt, als mir die Arbeit von A. Wurtz, die unter dem

Titel »*Recherches sur l'acide lactique*« in den *Annales de Chimie et de Physique (3. série) T.* 59, *p.* 161* erschienen ist, zu Gesicht kam, in welcher er meiner Meinung, die von mir entdeckten Oxacetsäuren seyen nicht als Aethersäuren der Glycolsäure anzusehen, entgegentritt. In gleicher Weise beurtheilt Butlerow [1]) meine Ansicht. Beide Chemiker stützen sich darauf, dafs in dem Umstande, dafs diese Säuren selbst nicht durch alkoholische Kalilösung in glycolsaures Kali übergehen, nicht ein entscheidender Grund für meine Ansicht gesucht werden dürfe. Offenbar haben beide nur den Auszug meiner Arbeit, der in den Berichten der Academie der Wissenschaften zu Berlin (August 1859) erschienen ist, gekannt, in welchem allerdings nur von der Einwirkung des Kalihydrates auf die Oxacetsäuren die Rede ist. In meiner ausführlichen Arbeit [2]) aber bemerke ich ausdrücklich, dafs der erwähnte Versuch die Frage nicht entscheiden könne und beschreibe dagegen einen anderen, der mehr dazu geeignet ist.

Wenn nämlich wirklich nur das eine extraradikale Atom Wasserstoff der Glycolsäure leicht durch Metalle, das andere aber vorzugsweise durch negative Radikale vertretbar ist, so kann, meine ich, (eine Ansicht, die Wurtz und Butlerow theilen) das an die Stelle dieses Wasserstoffs getretene Alkoholradikal nicht durch Metalle verdrängt werden. Ich glaube aber ferner, dafs, wenn dieser Wasserstoff durch elektronegative Radikale vertreten werden kann, in dem Falle, wenn er zuvor durch ein positives Radikal, z. B. ein Alkoholradikal vertreten ist, dieses noch leichter durch ein Säureradikal müfste verdrängt werden können, als der Wasserstoff. Die schon in meinem früheren Aufsatz (S. 315 bis 317) und namentlich die zu Anfang des jetzigen beschriebenen Versuche lehren jedoch, dafs durch Einwirkung von Benzoësäure auf die Oxacetsäuren bei einer Temperatur, bei welcher aus der Glycolsäure Benzoglycolsäure unter Wasserabscheidung entstanden wäre, jene nicht

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 114, S. 204*.

2) Diese Annalen Bd. 109, S. 307 u. S. 470*.

in diese Säure und den entsprechenden Alkohol übergehen.

Dennoch glaube ich meine früher schon ausgesprochene Ansicht, wonach die Alkoholradikale innerhalb des Radikals der Oxacetsäuren enthalten sind, aufrecht erhalten zu dürfen. Es giebt aber noch einige andere Beweise für meine Ansicht, die in dem Folgenden aufgeführt werden sollen.

Wären wirklich die Oxacetsäuren nur Aethersäuren der Glycolsäure, so müfste der äthoxacetsaure Amyläther mit dem amoxacetsauren Aethyläther identisch seyn. Um zu entscheiden, ob diefs der Fall ist oder nicht, veranlafste ich meinen bisherigen Assistenten, Hrn. Dr. O. Siemens Versuche anzustellen, deren Ausführung und Resultate derselbe in seiner Inauguraldissertation[1]) ausführlich mitgetheilt hat. Ich beschränke mich daher hier darauf, nur die letzteren kurz zu erwähnen.

Herr Siemens wandelte das äthoxacetsaure Natron durch Erhitzen mit Iodamyl auf 100° C. in äthoxacetsauren Amyläther um, und andererseits erhielt er auf analoge Weise aus amoxacetsaurem Natron und Iodaethyl amoxacetsauren Aethyläther. Diese beiden Körper, die vollkommen gleiche Zusammensetzung haben, so zwar, dafs sie nicht nur dieselben Elemente in gleicher Atomanzahl, sondern auch dieselben Radikale in gleicher Anzahl enthalten, die vollkommen isomer sind, sind doch durchaus verschieden von einander. Der erstere besitzt einen aufserordentlich angenehmen Fruchtgeruch, der des letzteren ist weit schwächer. Der äthoxacetsaure Amyläther kocht bei 180 bis 190° C., während der amoxacetsaure Aethyläther bei 210 bis 220° C. siedet. Zersetzt man beide Aetherarten mit alkoholischer Kalilösung, so wird ersterer in äthoxacetsaures Kali und Amylalkohol, letzterer in amoxacetsaures Kali und Aethylalkohol zerlegt. Bei der Zersetzung des letzteren Aethers ist nicht spurweis der Geruch nach Amylalkohol bemerklich, der bei gleicher Behandlung des ersteren sofort stark hervortritt.

1) O. Siemens: Ueber die Amoxacetsäure und ihre Verbindungen. Inauguraldissert. etc. Göttingen 1861*.

Aus den Resultaten dieser Versuche folgt, dafs man die Oxacetsäuren nicht unmittelbar mit den Aethersäuren vergleichen kann. Denn wenn man eine Aethyläthersäure in den Amyläther verwandelt, so erhält man voraussichtlich dieselbe Substanz, als wenn man die Amyläthersäure in den Aethyläther überführt. Aus den Eigenschaften der Aethersäuren läfst sich diefs voraussehen. Freilich sind Versuche in dieser Richtung noch nicht angestellt worden. Diese Lücke in unserer Kenntnifs beabsichtige ich in nächster Zeit auszufüllen.

Eine andere für meine Ansicht sprechende Thatsache ist die, dafs zwei isomere Körper existiren, von denen der eine, die Aethoxacetsäure, eine Säure ist, der andere aber, der Glycolsäureäthyläther, ein neutraler Aether. Aehnliche Verhältnisse sind in der Milchsäuregruppe schon bekannt. Der Milchsäureäthyläther ist bekanntlich schon im Jahre 1852 von Strecker entdeckt worden. Die der Aethoxacetsäure entsprechende, der Milchsäuregruppe angehörende Säure, die Aethoxypropionsäure hat vor Kurzem Wurtz [1]) dargestellt. Dieser, der sie Aethylmilchsäure nennt, erhielt sie aus dem milchsauren Kalk, der unter dem Einflufs von Phosphorsuperchlorid Chlorpropionylchlorid liefert, das Wurtz Chlorlactyl nennt. Diefs Chlorpropionylchlorid geht unter dem Einflufs von absolutem Alkohol in Chlorpropionsäureäther (Chlormilchsäureäther, Wurtz), dieses durch Natriumäthylat in Aethoxypropionsäureäther (Aethylmilchsäureäther, Wurtz) und dieser endlich durch Kalihydrat in äthoxypropionsaures Kali (äthylmilchsaures Kali, Wurtz) über. Ich habe nun gefunden, dafs, wie ein Milchsäureäther, so auch ein Glycolsäureäther existirt, in dem ein Atom Wasserstoff des Säureradikals durch das Alkoholradikal vertreten ist; diesen Körper erhielt ich mit Hülfe des Monochloressigsäureäthers, von dem ich hier beiläufig erwähnen will, dafs er, den schon Wilm [1]) auf andere Weise erhalten hat, sich sehr leicht durch Einleiten von

1) *Annales de Chimie et de Physique* 3. *série T.* 59, *p.* 171*.

2) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 102, S. 109*.

trockenem Salzsäuregas in eine alkoholische Lösung von Monochloressigsäure und Fällen mit Wasser darstellen läfst. Wird dieser mit etwas mehr als der aequivalenten Menge glycolsauren Natrons bei Anwesenheit von absolutem Alkohol in zugeschmelzten Röhren gegen 24 Stunden auf 130 bis 150° C. erhitzt, so bildet sich der Glycolsäureäther nach der Gleichung:

$$C^2H^2Cl(CH^5)O^2 + C^2H^3NaO^3 + C^2H^6O$$
$$= 2[C^2H^3(C^2H^5)O^3] + ClNa.$$

Um den Aether rein zu erhalten, wird die braune Flüssigkeit von dem Niederschlage, der, mit absolutem Alkohol gewaschen, sich als fast reines Chlornatrium erweist, getrennt und der Destillation unterworfen. Zuerst geht der Alkohol über, dann steigert sich der Kochpunkt und nun wird die zwischen 100 und 210° übergehende Flüssigkeit für sich aufgefangen. Sie enthielt bei meinem Versuche nur Spuren von Monochloressigsäureäther, denn sie mischte sich mit Wasser fast ganz ohne Trübung. Durch mehrfache fractionirte Distillation erhielt ich endlich eine Flüssigkeit, deren Kochpunkt um 155° lag, die neutral reagirte und sich mit Wasser, Alkohol und Aether leicht mischte. Das so gewonnene Destillat lieferte bei der Analyse folgende Zahlen:

I. Aus 0,3170 Grm. desselben erhielt ich 0,5272 Grm. Kohlensäure und 0,2177 Grm. Wasser, entsprechend 0,14378 Grm. oder 45,36 Proc. Kohlenstoff und 0,02419 Grm. oder 7,63 Proc. Wasserstoff.

II. 0,2752 Grm. gaben 0,4596 Grm. Kohlensäure und 0,1883 Grm. Wasser. Sie enthielten also 0,12535 Grm. Kohlenstoff und 0,02092 Grm. Wasserstoff, 100 Theile demnach 45,53 Proc. Kohlenstoff und 7,60 Proc. Wasserstoff.

	I	II	berechnet	
Kohlenstoff	45,36	45,55	46,15	4 C
Wasserstoff	7,63	7,60	7,69	8 H
Sauerstoff	47,01	46,85	46,16	3 O
	100	100	100.	

Diese Analysen lehren, dafs der Aether noch nicht ganz rein war. Denn die gefundene Kohlenstoffmenge ist nur einige Zehntel, das gefundene Wasserstoffquantum um einige Hundertel Procent geringer, als die Rechnung verlangt. Dessenungeachtet darf mit Gewifsheit angenommen werden, dafs die untersuchte Flüssigkeit fast ganz aus Glycolsäureäther bestand. Die Analyse allein schon stützt die Annahme genügend.

Folgende Umstände aber befestigen sie vollkommen. Mischt man diesen Aether mit Wasser, so löst er sich darin auf, und diese Lösung reagirt nicht sauer. Versetzt man letztere mit einer kleinen Menge Barythydrat, so reagirt sie alkalisch; durch Kochen wird sie aber wieder neutral und erst, wenn ein Ueberschufs der Barytlösung hinzugefügt ist, behält sie auch im Kochen die alkalische Reaction. Dampft man die neutral gemachte Lösung ein, so bleibt ein leicht in Wasser lösliches Barytsalz zurück, dessen verdünnte wässerige Lösung weder mit essigsaurem Bleioxyd noch mit salpetersaurem Silberoxyd einen Niederschlag giebt. In concentrirter Lösung wird aber durch letzteres Reagens eine weifse Fällung hervorgebracht, die ganz wie glycolsaures Silberoxyd erscheint. Durch Kochen färbt sich die Flüssigkeit braun, aus dem Filtrat setzt sich aber beim Erkalten das Silbersalz in rhombischen Tafeln, nach längerem Stehen in kurzen, schiefen, rhombischen Prismen ab, deren schiefe Endfläche auf der scharfen Seitenkannte gerade aufgesetzt ist.

Diese letztere Eigenschaft des Silbersalzes scheint, wenn man sie mit den Angaben von Socoloff und Strecker vergleicht, gegen die Annahme zu sprechen, die darin enthaltene Säure sey Glycolsänre. Denn ihnen gelang es nicht, ein krystallisirtes Silbersalz dieser Säure zu erzeugen. Später ist es aber allerdings und zwar von Dessaignes dargestellt und analysirt worden, und die Angaben, welche Dessaignes darüber macht, entsprechen vollkommen den Eigenschaften des mir vorliegenden Salzes.

Endlich habe ich eine gröfsere Menge des Aethers in Wasser gelöst, die Lösung mit Barythydrat gesättigt und verdampft. Dabei war der Geruch nach Alkohol schwach aber deutlich zu bemerken. Diefs zur Trockne gebrachte Barytsalz wurde gewogen, in heifsem Wasser gelöst und die aequivalente Menge schwefelsauren Kupferoxyds hinzugebracht. Die heifs von schwefelsaurem Baryt abfiltrirte Flüssigkeit enthielt nur eine Spur Schwefelsäure. Beim Erkalten setzte sie blaue Krystallchen ab, die alle Eigenschaften des glycolsauren Kupferoxyds besafsen. Beim weiteren Verdunsten erhielt ich aus dem Filtrat noch mehr derselben Krystalle und nur ganz zuletzt krystallisirte neben denselben eine Spur schwefelsauren Kupferoxydes heraus. Dieses Kupfersalz verlor beim Trocknen fast gar nicht an Gewicht, und 0,2312 Grm. davon, die bei 170° C. getrocknet waren, hinterliefsen 0,0850 Grm. Kupferoxyd, entsprechend 36,77 Proc. Die Theorie verlangt 37,18 Proc. Kupferoxyd.

Bei der Behandlung dieses Aethers mit wässerigem Ammoniak bildet sich das schon von Dessaignes[1]) durch Erhitzen des sauren tartronsauren Ammoniaks und Umkrystallisiren der rückständigen krystallinischen Masse, sowie durch Auflösen von Glycolid in Ammoniak dargestellte Glycolamid. Als ich die entstandene Lösung, nachdem sie von einem geringen bräunlichen Bodensatz, der aus mikroskopischen Convoluten kleiner concentrisch gruppirter Krystalle bestand, abfiltrirt war, an der Luft verdunsten liefs, krystallisirte es in grofsen, gut ausgebildeten Krystallen, die ich beim Umkrystallisiren aus Wasser nicht wieder erhalten konnte. Die Substanz effloreseirte nun stark und es bildeten sich nur kleine Krystalle. Die Fähigkeit zu effloresciren, hat Dessaignes auch schon an den Lösungen des Glycolamids beobachtet. Endlich blieb eine Mutterlauge, die syrupartig erschien, aber sauer reagirte und die entschieden Glycolsäure enthielt. Denn auf Zusatz von Kupferchlorid zu einer Probe derselben schieden sich Kry-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 89, S. 342*.

stallchen von glycolsaurem Kupferoxyd aus. Nach wiederholtem Abdampfen mit Wasser wurde die Masse immer saurer und bildete endlich nach freiwilligem Verdunsten lange nadelförmige oder prismatische Krystalle von stark saurer Reaction. Ganz dieselben Krystalle konnten auch aus einer Lösung von Glycolsäure in Ammoniakflüssigkeit, die vielfach mit Wasser abgedampft war, erhalten werden.

Die Producte der Zersetzung des Glycolsäureäthyläthers unter dem Einflufs wässerigen Ammoniaks sind also neben Alkohol Glycolamid, jene in concentrisch gruppirten Krystallchen sich ausscheidende unlösliche Substanz, die sich in viel zu geringer Menge bildet, als dafs es gelingen könnte, ihre Natur genauer zu studiren und endlich die zuletzt erwähnte Substanz, die, wie die Analyse auswies, saures glycolsaures Ammoniak war. Dieser Körper sowohl, wie das Glycolamid sind leicht in Wasser, schwer in Alkohol löslich. Beide können, da sie in heifsem Alkohol löslicher sind, als in kaltem, mit Hülfe dieses Lösungsmittels leicht umkrystallisirt werden. Das Glycolamid wird auf diese Weise in Form kurzer prismatischer Krystalle erhalten, während das saure glycolsaure Ammoniak in feinen concentrisch gruppirten Nadeln anschiefst. Dieses reagirt übrigens stark sauer, während jenes neutral ist oder doch nur in concentrirtester Lösung sehr empfindliches Lackmuspapier kaum merklich bläut. Dessaignes giebt zwar (a. o. a. O.) an, es reagire schwach sauer; ich habe diefs jedoch nicht beobachten können. Vielleicht war dem von Dessaignes untersuchten Körper etwas des sauren glycolsauren Ammoniaks beigemengt.

Zur Ausmittelung der Zusammensetzung des letzteren Salzes hielt ich eine Ammoniakbestimmung für ausreichend, weil die Gegenwart von Glycolsäure darin genügend durch qualitative Versuche festgestellt war.

Als ich aber das Salz bei 100 bis 110° C. im Luftbade trocknete, fand sich, dafs es fortwährend bedeutend an Gewicht abnahm. Dabei veränderte es seine Eigenschaften so, dafs es schliefslich bei dieser Temperatur geschmolzen war.

Deshalb bestimmte ich den Stickstoffgehalt des Salzes, ohne durch Erwärmen ein constantes Gewicht bekommen zu haben.

0,2652 Grm. des von 0,3024 Grm. zuletzt rückständigen Salzes lieferten in Alkohol und etwas Salzsäure gelöst und mit Platinchlorid gefällt einen Niederschlag, der nach dem Glühen 0,1359 Grm. Platin hinterliefs. Diefs entspricht 0,01931 Grm. oder 7,28 Proc. Stickstoff. Diese Menge Stickstoff stimmt nur annähernd mit der Menge überein, welche ein wasserfreies, saures, glycolsaures Ammoniumoxyd enthalten mufs. In einer Verbindung von der Zusammensezzung $C^4 H^7 (NH^4) O^6$ müssen nämlich 8,28% Stickstoff seyn.

Um zu ermitteln, ob diese Differenz durch das Trocknen bei 100° C. veranlafst war, trocknete ich eine andere Menge der Substanz unter der Luftpumpe, wobei 0,2658 Grm. nur 0,001 Grm. hygroskopische Feuchtigkeit verloren. Die restirenden 0,2657 Grm. lieferten in der beschriebenen Weise 0,1522 Grm. Platin, entsprechend 0,02162 Grm. oder 8,14 Proc. Stickstoff. Hiernach ist in der That dieser Körper wasserfreies saures glycolsaures Ammoniumoxyd. Ihm kommt die Formel

$$\left.\begin{matrix} C^2 H^2 O \\ NH^4, H \end{matrix}\right\} O^2 + \left.\begin{matrix} C^2 H^2 O \\ H, H \end{matrix}\right\} O^2$$

zu. Das Glycolamid ist zwar schon von Dessaignes analysirt worden. Da aber das von ihm untersuchte auf andere Weise gewonnen ist, wie das von mir dargestellte, so habe ich es, um die Identität beider zur Evidenz zu bringen, ebenfalls einer Analyse unterworfen; dabei erhielt ich folgende Zahlen:

0,2057 Grm. desselben, die eben bis zur vollkommenen Schmelzung erhitzt worden waren, lieferten bei der Verbrennung im Sauerstoffstrome bei vorgelegtem Kupferoxyd und metallischem Kupfer 0,2432 Grm. Kohlensäure und 0,1261 Grm. Wasser. Diefs entspricht 0,06633 Grm. oder 32,24 Proc. Kohlenstoff und 0,01401 Grm. oder 6,81 Proc. Wasserstoff.

Aus 0,2028 Grm. derselben Substanz erhielt ich 0,2659 Grm. Platin, entsprechend 0,03778 Grm. oder 18,63 Proc. Stickstoff.

In folgender Tabelle sind diese Zahlen mit den von Dessaignes gefundenen und den nach der Formel berechneten zusammengestellt:

	Heintz	Dessaignes I	Dessaignes II	berechnet	
Kohlenstoff	32,24	32,21	32,00	32,00	2 C
Wasserstoff	6,81	6,91	6,72	6,67	5 H
Stickstoff	18,63	18,09	18,47	18,67	N
Sauerstoff	42,32	42,79	42,81	42,66	2 O
	100	100	100	100.	

Dafs das Glycolamid zwar isomer mit dem Glycocoll ist, aber nicht identisch, hat schon Dessaignes angegeben. Ich vermag noch einige Umstände hinzuzufügen, die die Verschiedenheit beider Körper bekräftigen. Schon oben erwähnte ich, dafs das Glycolamid aus kochendem Alkohol umkrystallisirt werden kann. Der Leimzucker ist dagegen selbst in kochendem Alkohol äufserst schwer löslich. Dann schmilzt das Glycolamid, wenn es selbst vorher vom Wasser ganz befreit worden ist, schon gegen 120° C. ohne Zersetzung zu einer farblosen Flüssigkeit, der Leimzucker dagegen beginnt erst bei etwa 170° C. zu schmelzen und bräunt sich gleichzeitig unter Gasentwicklung. Er kann also nicht, oder wenigstens nicht ohne Zersetzung, in den flüssigen Zustand übergeführt werden. Mit Metalloxyden das Glycolamid zu verbinden, ist mir nicht gelungen.

Diese Eigenschaften des Glycolamids weisen mit Entschiedenheit nach, worauf allerdings schon seine Entstehungsweise hindeutet, dafs es mit dem Lactamid homolog ist, während das Glycocoll mit dem Alanin in eine homologe Reihe gehört. Die beiden letzteren sind in Alkohol sehr schwer löslich, schmelzen nicht ohne Zersetzung und verbinden sich mit Basen zu wohl charakterisirten Verbindungen. Die beiden ersteren lösen sich leichter in Alkohol, verbinden sich nicht mit Basen und das Glycolamid wenigstens ist ohne

Zersetzung schmelzbar bei einer Temperatur, die wenig höher liegt, als der Kochpunkt des Wassers. Wie sich das Lactamid in der Hitze verhält, ist meines Wissens noch nicht untersucht worden.

Der Umstand, dafs der Glycolsäureäther, so wie das Glycolid unter dem Einflufs des Ammoniaks nicht in Glycocoll, sondern in Glycolamid übergeht, scheint es zu erklären, dafs es mir nicht gelingen wollte, aus Monochloressigsäure mittelst wässeriger oder alkoholischer Ammoniakflüssigkeit Glycocoll zu erzeugen. Zu der Meinung, es müsse auf diese Weise Glycocoll entstehen, hatte mich die Angabe von Perkin und Duppa [1]) verleitet, dafs diese Substanz durch Einwirkung von Ammoniak auf Bromessigsäure gebildet werde. Nach meinen Erfahrungen mufs ich glauben, dafs die von Perkin und Duppa erhaltene Substanz nicht Glycocoll gewesen ist. Leider geben Perkin und Duppa als Eigenschaften ihrer Substanz nur an, dafs sie schön weifs und von süfsem Geschmacke sey. Diese Eigenschaften besitzt auch das Glycolamid [2]).

Der Glycolsäureäther, dessen physikalische und chemische Eigenschaften im Vorstehenden geschildert sind, soweit ich sie bis jetzt studirt habe, entspricht vollkommen dem Milchsäureäther von Strecker, mit dem er homolog ist und dessen Eigenschaften er fast in jeder möglichen Beziehung theilt. Vergleicht man diesen Aether mit der Aethoxacetsäure, so ist ihre vollkommene Isomerie nicht zu verkennen. Beiden gehört die empirische Formel $C^4 H^8 O^3$ an. Beide enthalten ein Atom Aethyl. Beide gehören dem Wassertypus an, und will man nicht annehmen, dafs die wahre Formel des Radikals der Glycolsäure $C^2 H^3 O^2$ ist, so enthalten beide auch das Radikal Glycolyl $C^2 H^2 O$. Die Annahme, es sey $C^2 H^3 O^2$ das Radikal der Glycolsäure und diese Säure daher einatomig, können diejenigen nicht fest-

1) *Quarterly journal of the chemical society. Vol. XI, p.* 29*.

2) Durch neuere Versuche habe ich mich überzeugt, dafs bei dieser Zersetzung der Monochloressigsäure ganz andere merkwürdige Producte entstehen, als ich vermuthete. Die Resultate derselben hoffe ich bald publiciren zu können.

halten, die die Oxacetsäuren für Aethersäuren der Glycolsäure halten, wie es denn in der That Wurtz auch nicht thut. Denn dann träte ja bei der Umbildung der Monochloressigsäure in Glycolsäure durch Kalihydrat $H\Theta$ an Stelle des Cl *in das Radikal* ein, es müfste daher auch, wenn bei diesem Zersetzungsprocefs statt Kalihydrat Kalialkoholat angewendet würde, $(\mathrm{C}^2 H^5)\Theta$ ebenfalls *in das Radikal* eintreten. Für diejenigen also, die der Ansicht sind, die Glycolsäure sey eine zweiatomige Säure und die Oxacetsäuren Aethersäuren dieser Säure, ist der Aethyläther der Glycolsäure mit der Aethoxacetsäure vollkommen isomer, d. h. beide Körper enthalten in einem Molecül nicht nur eine gleiche Anzahl von Atomen der einzelnen Elemente, sondern auch eine gleiche Anzahl derselben Radikale.

Wodurch ist aber der grofse Unterschied der Eigenschaften dieser beiden Körper bedingt? Offenbar mufs das Aethyl einen anderen Platz in dem Molecül des Glycolsäureäthers einnehmen, als in dem der Aethoxacetsäure. Man pflegt zu sagen, in jenem ersetze es den basischen Wasserstoff, in dieser den vorzugsweise durch Säureradikale vertretbaren. Bei denjenigen Säuren, die wahre Aethersäuren zu bilden im Stande sind, finden sich solche Unterschiede nicht. Wir können nicht nachweisen, dafs durch Reihen von Umsetzungen hindurch das eine Wasserstoffatom einen ganz anderen Charakter hat, als das andere. Zwar die Erscheinung tritt hier auch auf, dafs der Aether einer solchen Säure unter dem Einflufs gewisser Agentien nur ein Atom des Alkoholradikals abgiebt, wie z. B. nach Kolbe[1]) der Schwefelsäureäther durch Kalihydrat selbst im Kochen nur zu äthylschwefelsaurem Kali, nicht aber zu schwefelsaurem Kali wird. Allein, dafs gerade von den beiden Alkoholradikalen im Schwefelsäureäther immer nur das Eine, bestimmte ausgeschieden werde, wie das bei den Aethern der Oxacetsäuren der Fall ist, dafs die Substanz, welche entsteht, wenn das eine Wasseratom der Schwefelsäure durch Aethyl vertreten wird, verschieden sey von der, die sich bei der Ersetzung des anderen Wasserstoff-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 113, S. 230*.

atoms durch dieses Radikal bildet, davon hat man bis jetzt wenigstens noch keine Spur einer Andeutung.

Auch die Existenz zweier isomerer Amide der Glycolsäure sowohl, als der Milchsäure, die beide unter geeigneten Umständen in Glycolsäure und Milchsäure übergehen können, spricht für meine Ansicht. In dem Glycolamid und Lactamid, welche Verbindungen mit Basen einzugehen nicht vermögen, ist es der Wasserstoff, welcher durch Metalle vertreten werden kann, nebst dem dazu gehörigen Sauerstoff, an dessen Stelle NH^2 eingetreten ist, während in dem Glycocoll und Alanin der nicht durch Metalle vertretbare Wasserstoff nebst dem dazu gehörigen Sauerstoff durch NH^2 vertreten gedacht werden kann. Im ersteren Falle ist einfach das nähere Radikal in der Glycolsäure oder Milchsäure an Stelle eines Atoms Wasserstoff in den Ammoniaktypus getreten. Nach Wislicenus Schreibweise mufs die Formel für das Glycolamid $N\left\{\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}C^2N^2\Theta\\ H\qquad H\end{array}\right\}\Theta\\ H\end{array}\right.$ seyn (welche Formel ich früher fälschlich gerade dem Glycocoll zuertheilte). In letzterem Falle ist durch Eintreten des entfernteren zweiatomigen Radikals der genannten Säure in den einfachen Ammoniaktypus ein einatomiges, ammoniakartiges näheres Radikal gebildet, das in den Wassertypus tretend einen Körper von der Formel $\left.\begin{array}{r}\left.\begin{array}{r}C^2H^2\Theta\\ H\\ H\end{array}\right\}N\\ H\end{array}\right\}\Theta$ gebildet hat.

Es erklärt sich hiernach das Verhalten dieser Körper gegen Basen, Säuren und Salze leicht. Man hat nur festzuhalten, dafs das zweiatomige Radikal das Eintreten in den Wassertypus, der Ammoniaktypus den Uebergang in Ammoniumoxydverbindungen ermöglicht. Darum entsteht das Glycolamid und Lactamid aus den Aethern der Glycol- und Milchsäure. Ob es möglich ist, aus Monochloressigsäure Glycocoll zu erzeugen, indem an die Stelle des Chlors NH^2 eingeführt wird, diese Frage will ich in Kurzem zu beantworten suchen. Auch darf man voraussetzen, dafs, wie

es drei Aethylverbindungen der Glycolsäure giebt, auch ein drittes Amid der Glycolsäure existirt, in welchem beide Atome Wasserstoff nebst dem dazu gehörigen Sauerstoff durch NH^2 vertreten sind. Dieses Amid würde der empirischen Formel $\text{Є}^2 H^6 N^2 \Theta$ oder der rationellen

$$N\left\{\begin{matrix}\left.\begin{matrix}\text{Є}^2 N^2 \Theta\\ H\\ H\end{matrix}\right\}N\\ H\\ H\end{matrix}\right.$$

gemäfs zusammen gesetzt seyn. Auch diese Substanz zu erzeugen, will ich nächstens versuchen.

Fernere Beweise für meine Ansicht, lassen sich aus den Arbeiten von Wurtz[1]) selbst herleiten. Er hat nämlich gefunden, dafs der Chlorpropionsäureäther (Chlormilchsäureäther, Wurtz) durch Kalihydrat unter Bildung von Chlorkalium und Alkohol in milchsaures Salz übergeht, während der Aethoxypropionsäureäther (Milchsäureäther, Wurtz) unter denselben Umständen ein Atom Aethyl zurückhält und unter Abscheidung von einem Atom Alkohol zu äthoxypropionsaurem Kali wird. Warum bildet sich im ersteren Falle nicht auch diese Saure? Offenbar, weil der Chlorpropionsäureäther das Aethyl weniger fest gebunden hält, als das in der Aethoxypropionsäure zurückbleibende Atom Aethyl gebunden ist. Wurtz stützt seine Ansicht (a. a. O.) von der Natur der Aethoxypropionsäure und der Aethoxacetsäure auf die von ihm beobachtete Bildungsweise des Aethers der ersteren, seines Milchsäureäthers, aus dem Monochlorpropionsäureäther, den er aus der Milchsäure abgeleitet hat und daher Chlormilchsäureäther nennt. Er schliefst, dafs die Oxacetsäuren analog zusammengesetzt seyn müssen, weil sie aus der Monochloressigsäure auf ähnliche Weise gebildet werden, wie sein Milchsäureäther aus seinem Chlormilchsäureäther, dafs sie daher Aethersäuren der Glycolsäure seyn müssen. Mit demselben Recht darf ich behaupten, dafs, weil die aus der Essigsäure entstehende Monochloressigsäure durch Natriumäthylat in Aethoxacetsäure über-

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 3. *sér.* T. 59, *p.* 167 *et* 171*.

geht, Wurtz's auf analoge Weise aus dem Chlormilchsäureäther (nach mir Chlorpropionsäureäther) erzeugter Milchsäureäther nichts anderes ist, als der Aethoxypropionsäureäther. Man sieht, auf diese Weise behandelt wird der Streit ein reiner Wortstreit. Aber Wurtz[1]) selbst giebt zu, daſs, je nachdem man von dieser oder jener Entstehungs- oder Zersetzungsweise eines Körpers ausgeht, man demselben diese oder jene Formel, diesen oder jenen Namen beilegen kann. Dann ist es mir aber nicht verständlich, warum Wurtz nicht meine Betrachtungsweise der Oxacetsäuren gelten lassen will, da er das Recht, was er für sich selbst in Anspruch nimmt, auch mir zugestehen muſs, nämlich gerade auf gewisse Bildungs- oder Zersetzungsweisen bei der Wahl der rationellen Formeln und der Namen besonderen Werth zu legen. Da nun aus der Essigsäure durch Substitution von Wasserstoff durch Chlor Monochloresssigsäure, aus dieser durch Natriumalkoholat Aethoxacetsäure entsteht, so habe ich ein Recht anzunehmen, daſs successive 1 Atom Wasserstoff der Essigsäure, durch Chlor dann durch Aethyl und Sauerstoff $(\text{Є}^2 H^5)\text{Θ}$ vertreten wird, daſs also das $(\text{Є}^2 H^5)\text{Θ}$, wie der Wasserstoff der Essigsäure, der durch Chlor vertreten wird, innerhalb des Radikals enthalten ist, daſs also diese Säure nicht als Aethersäure der Glycolsäure zu betrachten ist, um so mehr, als das Alkoholradikal in den Oxacetsäuren weit fester gebunden ist, als in den bekannten Aethersäuren.

Ich gebe ihm gern zu, daſs, wenn er den Begriff der Aethersäuren verallgemeinern will, er eine Definition dafür aufstellen kann, wodurch die Oxacetsäuren auch in die Gruppe der Aethersäuren passen. Allein gewiſs gehen dieselben in ihren Eigenschaften über die allgemeinen Eigenschaften hinaus, welche bisher als Characteristica der Aethersäuren betrachtet wurden. Der Unterschied zwischen unseren Ansichten ist also der, daſs Wurtz den Begriff der Aethersäuren verallgemeinert, um die Oxacetsäuren dazu rechnen zu dürfen, ich aber die Unterschiede in den Ei-

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 3. *sér.* *T.* 59, *p.* 182.

genschaften der Oxacetsäuren und der Aethersäuren grofs genug halte, um sie nicht in dieselbe Klasse zu werfen.

Doch hoffe ich, dafs eine Einigung der Ansichten möglich ist und zwar dadurch, dafs man eben den Wort- und Namenstreit verläfst und auf die Principien selbst näher eingeht.

Davon glaube ich ausgehen zu dürfen, dafs wir unter Radikal denjenigen Atomcomplex in einer Verbindung verstehen müssen, der bei einer grofsen Reihe von Umsetzungen, welchen die Substanz unterliegt, unverändert in die neue Verbindung übergeht. In der Milchsäure ist diefs zunächst der Atomcomplex $C^3H^5O^2$, in der Glycolsäure $C^2H^3O^2$, in der Oxacetsäure $C^2H^2RO^2$. Diese Atomcomplexe gehen in der That bei den allermeisten Umsezzungen in die neuen Körper mit über. Bei energischen Reactionen kann allerdings in der ersteren Säure noch ein zweites Atom Wasserstoff ausgetrieben werden. Diefs giebt aber nicht ein Recht, zu behaupten, jene Atomcomplexe dürften nicht als Radikale betrachtet werden, denn wenn man jene Körper noch energischeren Einwirkungen als der letzterwähnten aussetzt, so wird noch mehr Wasserstoff und auch Kohlenstoff ausgesondert. So entsteht aus der Milchsäure durch starke Oxydationsmittel theils Oxalsäure theils Aldehyd und bei der energischsten Zersetzung, der Verbrennung, endlich gar Kohlensäure und Wasser. Wird jemand deshalb behaupten können, das Radikal des Aldehyd's oder gar das der Kohlensäure sey eigentlich das Radikal der Milchsäure und ein anderes Radikal dürfe man darin nicht annehmen?

Sollte jemand vielleicht die Ansicht aufstellen, solche Zersetzungen, bei denen die Kohlenstoffatomanzahl einer Verbindung durch Ausscheidung Kohlenstoff enthaltender Körper vermindert wird, dürfte nicht zur Feststellung des darin enthaltenen Radikals benutzt werden, so würde er gerade meiner Ansicht von der Constitution der Oxacetsäuren das Wort reden. Denn dann müfste das Alkoholradikal im Radikale dieser Säure enthalten seyn, dann könnten sie

keine Aethersäuren seyn. Erwiederte man darauf, bei diesen Säuren wisse man, dafs das Alkoholradikal in die Verbindung eingeführt sey, deshalb sey es nicht im Radikal, nun dann wäre das Radikal der Essigsäure und Propionsäure nicht $C^2 H^3 \Theta$ oder $C^3 H^5 \Theta$, sondern $C\Theta$ d. h. das Radikal der Kohlensäure. Denn man kann durch Einwirkung der Kohlensäure auf Natriummethyl und Natriumäthyl essigsaures und propionsaures Natron darstellen.

Die Frage nun, welcher Atomcomplex in der Milchsäure und Glycolsäure es sey, den man für ihr Radikal ansehen mufs, beantwortet sich nach dem Vorherigen in der Weise: Man darf nicht blofs $C^3 H^5 \bar{\Theta}^2$ und $C^2 H^3 \Theta^2$, wie Kolbe will, nicht blofs $C^2 H^4 \Theta$ und $C^2 H^2 \Theta$, wie Wurtz will, für Radikale dieser Säuren ansehen, sondern beide müssen dafür gelten. Die beiden ersten Formeln sind die der näheren, die beiden letzten die der entfernteren Radikale.

Die Oxacetsäuren kann man daher auch als einatomige Säuren ansehen, wie ich es thue und dann ist das Alkoholradikal im Radikale derselben enthalten; oder man kann annehmen, das Alkoholradikal befinde sich aufserhalb des Radikals der Säure, wie Wurtz meint, und man kann sie dann als Aethersäuren betrachten.

Weiter oben aber habe ich schon entwickelt, weshalb diese Annahme ihre Schwierigkeiten hat. Das Hydrat der Schwefelsäure, die eine wahre zweiatomige Säure ist, enthält zwei Wasserstoffatome, die gleichwerthig sind, d. h. die keine Verschiedenheit des Verhaltens zeigen, wenn sie durch Agentien ausgeschieden werden. Ihre Formel schreiben wir daher naturgemäfs $\left.\begin{matrix} S\,\Theta^2 \\ H\,H \end{matrix}\right\} \Theta^2$. Wir geben beiden Wasserstoffatomen die gleiche Stellung aufserhalb des Radikals. Anders ist es mit der Glycolsäure und Milchsäure. Wir wissen, dafs das eine vertretbare Wasserstoffatom in denselben vorzugsweise durch Metalle, das andere dagegen vorzugsweise durch Säureradikale vertreten werden kann. Wir wissen aber aufserdem, dafs die erstere Vertretung äufserst leicht zu bewerkstelligen ist, letztere dagegen nur

schwer. Andererseits wissen wir, dafs die Metalle aus den durch jene Substitution gebildeten Verbindungen auch wieder sehr leicht entfernt werden können, während, ist einmal die Vertretung des anderen Atoms Wasserstoff durch Radikale geschehen, eine verhältnifsmäfsig energischere Einwirkung stattfinden mufs, um sie wieder daraus auszuscheiden. Solche Verbindungen sind namentlich die Oxacetsäuren. Aber auch selbst bei den Verbindungen, in denen dieser Wasserstoff durch Säureradikale vertreten ist, tritt diefs klar zu Tage. Denn während die gemischten Anhydride einbasischer Säuren schon durch blofses Wasser, indem sie sich übrigens nicht gleich auflösen, selbst in der Kälte in die Hydrate der einzelnen Säuren zerfallen, können z. B. die Benzoglycolsäure, die Benzomilchsäure aus heifser wäfsriger Lösung umkrystallisirt werden. Allerdings zerlegen auch sie sich durch Kochen mit Wasser, verdünnten Säuren oder Alkalien in die Hydrate der Benzoësäure einer-, der Glycolsäure und Milchsäure andererseits, allein diese Zersetzung namentlich durch erstere beide Agentien geschieht nur sehr langsam.

Es liegt nahe, diese Verschiedenheit in dem Verhalten der beiden vertretbaren Wasserstoffatome der Milch- und Glycolsäure auch in ihrer rationellen Formel auszudrücken, und dieses gelingt meines Erachtens am besten durch die Anwendung der Grundsätze, welche J. Wislicenus [1]) aufgestellt hat. Demnach sind die Formeln der Milchsäure und Glycolsäure

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}\overset{\prime\prime}{\overline{C^3H^4\Theta}}\\ H\end{array}\right\}\Theta\\ \qquad\qquad H\end{array}\right\}\Theta \quad \text{und} \quad \left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}\overset{\prime\prime}{\overline{\Theta^2H^2\Theta}}\\ H\end{array}\right\}\Theta\\ \qquad\qquad H\end{array}\right\}\Theta$$

Darin treten die Radikale (oder, wie sie J. Wislicenus nennt, »die unvollkommenen Molecüle«, für welchen Namen mir der »typisches oder näheres Radikal« den Vorzug zu verdienen scheint)

$$\left.\begin{array}{r}\overset{\prime\prime}{\overline{C^3H^4\Theta}}\\ H\end{array}\right\}\Theta \quad \text{und} \quad \left.\begin{array}{r}C^2H^2\Theta\\ H\end{array}\right\}\Theta$$

1) Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften Bd. 14, S. 96.

als die nähern auf, die aber noch entferntere Radikale enthalten, die zweiatomig sind und in den näheren Radikalen als in den einfachen Wassertypus eingetreten betrachtet werden. Es geht aus diesen Formeln hervor, dafs diese Säuren nur ein Wasserstoffatom enthalten, das leicht und zwar durch Metalle vertretbar ist, dafs aber das zweite, innerhalb des näheren Radikals befindliche, zwar auch noch, aber schwieriger vertreten werden kann.

Ich will nun nicht behaupten, dafs die aufgestellten rationellen Formeln der Glycolsäure und Milchsäure den höchsten Grad der Vollkommenheit besitzen. Es ist immer noch möglich, wie es Kolbe thut, das Radikal Carbonyl in beiden Säuren anzunehmen, das sich bekanntlich in Form von Kohlenoxydgas aus der Milchsäure aussondert, wenn sie mit Schwefelsäure erhitzt wird. Dann würden ihre Formeln werden:

$$\begin{array}{l}\overset{''}{C}\Theta \\ \left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}CH^2\\H\end{array}\right\}\Theta\\ \quad H\end{array}\right\}\Theta\end{array} \quad \text{und} \quad \begin{array}{l}\overset{''}{C}\Theta \\ \left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}C^2H^4\\H\end{array}\right\}\Theta\\ \quad H\end{array}\right\}\Theta.\end{array}$$

Es bliebe dann nur noch übrig nachzuweisen, dafs die Radikale CH^2 und C^2H^4 in diesen Säuren angenommen werden dürfen.

Werden für die Glycol- und Milchsäure diese Formeln angenommen, so folgt ganz naturgemäfs für die Oxacetsäuren die allgemeine Formel:

$$\begin{array}{l}C\Theta \\ \left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}CH^2\\R\end{array}\right\}\Theta\\ \quad H\end{array}\right\}\Theta\end{array}$$

wo R jedes beliebige Alkoholradikal seyn kann. Nimmt man die früher aufgestellten Formeln für jene Säuren an, was ich für rationeller halte, da bis jetzt die Existenz der Radikale CH^2 und C^2H^4 in denselben noch nicht festgestellt ist, so sind die Oxacetsäuren $= \left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{r}C^2H^2\Theta\\R\end{array}\right\}\Theta\\ \quad H\end{array}\right\}\Theta.$ Auch der Einwand von Wurtz, den er gegen Kolbe's Ansicht

von der Constitution der Milchsäure geltend macht, und der von der Umbildung der Milchsäure in Lactid hergenommen ist, fällt fort, weil auch in obiger Formel der Milchsäure das Radikal C^3H^4O enthalten ist, das mit O verbunden, das Lactid bildet.

Wenn ich in dem Vorigen Formeln aufgestellt habe, die zwar nicht der Form nach, aber doch insofern grofse Aehnlichkeit mit denen von Kolbe besitzen, als darin dieselben Radikale angenommen sind, wie in den Kolbe'-schen Formeln, so weise ich doch für mich und ich glaube, ich kann es auch für Kolbe, den Vorwurf, den Wurtz Kolbe wegen der von ihm aufgestellten Formeln macht, von vorn herein entschieden als nicht zutreffend zurück, den nämlich, als wollte ich behaupten, diese rationellen Formeln gäben ein klares Bild von der Art der Gruppirung der Atome in der Glycolsäure und Milchsäure und in den Oxacetsäuren. Die im Vorstehenden enthaltene Entwicklung meiner Gründe für dieselben sagt es, meine ich, klar, dafs dadurch, abgesehen von dem, was auch die empirische Formel schon ausdrückt, nur noch dargestellt werden soll, welche Elemente der Verbindungen, und in welcher Atomanzahl sie besonders stark, weniger stark oder am schwächsten den zersetzenden Einflüssen von Agentien widerstehen; und ich glaube, dafs diese Verhältnisse mit in der Formel auszudrücken kein Formelsystem besser im Stande ist, als das zuerst von J. Wislicenus entwickelte.

Der Meinung von Wurtz[1]), dafs, wenn es darauf ankommt, zwei bestimmte Umsetzungen eines Körpers auf die möglichst einfache Weise darzustellen, es nicht irrationell ist, sich zweier verschiedener rationeller Formeln für denselben zu bedienen, stimme ich vollkommen bei. Andererseits wird Wurtz zugeben, dafs, wenn wir einmal unter rationeller Formel eine solche verstehen, die Umsetzungen eines Körpers einfach bildlich darzustellen erlaubt, diejenige Formel rationeller seyn wird als eine andere, die mehr Umsetzungen zu erklären gestattet, die rationellste aber die,

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 3. *sér. T.* 59, *p.* 182.

durch welche sie sich sämmtlich deuten lassen. Es früge sich nur, ob es werth ist, solche rationellste Formeln aufzustellen und dann, ob es möglich ist. Der Werth solcher Formeln ist gewifs nicht abzuleugnen, wenn er auch nur darin läge, dafs man durch dieselben auf einen Blick die allgemeinen Umsetzungsweisen wird übersehen können, denen der Körper, dem die Formel angehört, unterliegen kann. Ob es möglich ist, sie aufzustellen, ist aber eine Frage der Zukunft; denn allerdings ist es zweifelhaft, ob unsere Zeichensprache sich so reich zeigen wird, um alle die möglichen Zersetzungs- oder Bildungsweisen einer Substanz gleichzeitig ausdrücken zu können. Von den Formelsystemen aber, welche bis jetzt aufgestellt sind, meine ich, hat das von J. Wislicenus aufgestellte die gröfste Aussicht, dieses Ziel möglichst annähernd zu erreichen.

Es sey mir gestattet, an dieser Stelle auf einen Umstand aufmerksam zu machen, der noch besonders das genannte System zu empfehlen geeignet ist und dessen Wislicenus in seinem oben citirten Aufsatz nicht Erwähnung thut. Aus den theoretischen Untersuchungen von Frankland [1]) über die Metallverbindungen organischer Radikale geht hervor, dafs diese Körper nach dem Typus der Haloïdverbindungen dieser Metalle zusammengesetzt sind, dafs mit anderen Worten in den chemischen Verbindungen der Metalle unorganischer wie organischer Natur jene eine gleiche Anzahl Aequivalente Elemente oder Radikal aufnehmen müssen und zwar so viel, als ihren verschiedenen Sättigungsgraden entspricht. Frankland macht darauf aufmerksam, dafs dasselbe Gesetz, was für die Metalle gilt, auch für den Kohlenstoff gelten mufs und dafs also der zwei- oder vieratomige Kohlenstoff in den organischen Verbindungen ebenfalls eine seiner Sättigungen, die sich in den Formeln der Kohlensäure ($ЄΘ^2$) und des Kohlenoxydgases ($ЄΘ$) aussprechen, erreicht haben mufs. Auch diefs Verhältnifs kann man mittelst der Wislicenus'schen Formeln bei den einfacher zusammengesetzten Körpern leicht überschauen. In

1) *Quaterly journal of the chemical society. Vol.* 13, *p.* 227 *.

dem Methylalkohol und seinen Derivaten finden wir den Kohlenstoff in dem Sättigungsgrade, wie in der Kohlensäure; sie gehören dem Kohlensäuretypus an. Im Methylwasserstoff sind die zwei Atome des zweiatomigen Sauerstoffs durch vier Atome Wasserstoff vertreten; im Methylalkohol, der ebenfalls dem Kohlensäuretypus angehört, ist der Kohlenstoff durch drei Atome Wasserstoff zu dreiviertel gesättigt und damit zu dem einatomigen Radikal Methyl zusammengetreten, das in den Wassertypus an Stelle eines Atoms Wasserstoff tretend und Methylalkohol bildend, die volle Sättigung erlangt. Der Methylalkohol gehört also sowohl dem Wasser als dem Kohlensäuretypus, er gehört dem combinirten Kohlensäure-Wassertypus an. Das Methylen (CH^2) mufs man dagegen dem Kohlenoxydtypus zuzählen. Darum würde es sich, wenn man es kennte, wie das Kohlenoxydgas als Radikal verhalten und sich direct mit zwei Atomen Iod zu Iodmethylen verbinden, welche dem Kohlensäuretypus angehörende Verbindung neuerdings von Butlerow dargestellt worden ist. Durch diese Iodaufnahme wird der Kohlenstoff vollkommen gesättigt und die Verbindung gehört nun dem Kohlensäuretypus an. Aehnlich wie mit dem Methylalkohol verhält es sich mit der Ameisensäure, in der der Kohlenstoff durch ein Atom Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff (O) zu dreiviertel gesättigt ist; der Kohlenssäuretypus wird dadurch vervollständigt, dafs dieses Radikal an Stelle eines Atoms Wasserstoff in den Wassertypus eintritt. Auch diese Substanz mit seinen Derivaten gehört dem combinirten Kohlensäure - Wassertypus an.

Die Frage, wie die höheren Alkohole dem Gesetz der Sättigung des Kohlenstoffs unterliegen können, reducirt sich auf die nach dem Grunde der Einatomigkeit der Alkoholradikale. Diese erledigt sich, wenn man dieselben als Methyl betrachtet, in denen ein, zwei oder drei Atome Wasserstoff durch Methyl vertreten sind, dessen Wasserstoff wieder durch Methyl vertreten werden kann u. s. w. Spe-

ciellere Untersuchungen der Zersetzungsweisen der Verbindungen dieser Radikale müssen darthun, ob diese Ansicht gerechtfertigt ist, oder nicht. Dem Aethylalkohol würde demnach die Formel $\left.\begin{matrix} C\left\{\begin{matrix}H\\ H\\ C^2H^3\end{matrix}\right\} \\ H \end{matrix}\right\} O$ zukommen. Das Radikal Methyl darin anzunehmen, liegt sehr nahe, da es bekanntlich leicht gelingt, Methylverbindungen daraus zu erzeugen. So bildet sich z. B. daraus durch Hitze neben anderen Producten Methylwasserstoff, durch Salpetersäure und andere Oxydationsmittel Ameisensäure, die bekanntlich so leicht durch Oxydation des Methylalkohols entsteht. Der Kohlenstoff des Methyls ist mit drei Atomen Wasserstoff zu einem Radikal verbunden, dessen Atomigkeit deshalb $4 - 3 = 1$ ist. Diefs Methyl vertritt in dem Aethyl ein Atom Wasserstoff eines anderen Atoms Methyl und so entsteht das einatomige Aethyl, das den Kohlensäure- mit dem Wassertypus combinirend zu Alkohol wird.

Auf der einen Seite in den Verbindungsweisen dem Methylen, auf der anderen im Kohlenstoffgehalt dem Alkohol entsprechend ist das Aethylen, dessen Formel $C\left\{\begin{matrix}CH^3\\ H\end{matrix}\right.$ seyn würde. Es verhält sich wie ein zweiatomiges Radikal; der Kohlenstoff ist darin durch ein Atom Wasserstoff und ein Atom Methyl nur zur Hälfte gesättigt, die Verbindung gehört dem Kohlenoxydtypus an, verbindet sich daher wie dieses direct mit zwei Atomen der Haloïde, dadurch in Verbindungen des Kohlensäuretypus übergehend. Das Glycol und seine Derivate sind zugleich dem Kohlensäure- und Wassertypus angehörige Körper.

Die durch diese Theorie von der Constitution der organischen Körper neu sich bietenden Vermuthungen über die Zersetzungs- und namentlich über die Bildungsweise derselben, dürften zu experimentellen Arbeiten leiten, deren Resultate gewifs neue wichtige Aufschlüsse über dieselben bieten und entweder die Theorie bestätigen, oder wider-

legen und so jedenfalls zur Erweiterung auch der Theorie der organischen Chemie wesentlich beitragen werden.

Wie man sich die kohlenstoffreicheren Körper nach derselben gebildet denken soll, darüber will und kann ich mich noch nicht ausführlich aussprechen. Nur anzudeuten, dafs diese Substanzen der Theorie nicht absolut entgegenstehen, diene das Folgende:

Das Radikal $\overline{\overset{''}{C}H^2}$ mit $\overline{\overset{'''}{C}H}$ combinirt kann ein einatomiges Radikal bilden, das mit $\overset{''''}{C}$ combinirt, in ein dreiatomiges übergehen kann, welches nochmals mit $\overline{\overset{''}{C}H^2}$ combinirt zu einem einatomigen werden würde, das mit $\overset{''''}{C}$ vereinigt zu einem dreiatomigen würde, aus dem endlich durch nochmalige Combination mit $\overset{''''}{C}$ das einatomige Phenyl hervorgehen würde, dessen Formel also seyn könnte:

$$\left.\begin{array}{l} C \\ C \\ CH^2 \\ C \\ CH \\ CH^2 \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{einatomig.} \\ \text{dreiatomig.} \\ \text{einatomig.} \\ \text{dreiatomig.} \\ \text{einatomig.} \end{array}$$

Ich glaube, dafs es möglich seyn wird, in dieser Weise dem Gesetz, dafs alle Kohlenstoff enthaltenden Körper entweder dem Kohlenoxyd oder dem Kohlensäuretypus angehören, auch die an Kohlenstoff reicheren Verbindungen unterzuordnen, wiederhole aber nochmals, dafs ich nicht etwa behaupte, die für das Phenylradikal aufgestellte Formel sey die wahre rationelle Formel für diefs Radikal, oder gar durch solche Formeln werde die Lagerung der Atome in dem organischen Radikale oder in den organischen Verbindungen ausgedrückt.

Es ist leicht einzusehen, dafs das Formelsystem, welches J. Wislicenus durchgeführt hat, sehr geeignet ist, auch die Sättigungsverhältnisse des Kohlenstoffs mit darzustellen, dafs es also nicht nur die Combinationen des Wasserstoff-, Wasser- und Ammoniaktypus, sondern auch des Kohlen-

säure- und Kohlenoxydtypus zu umfassen vermag. Es empfiehlt sich also als ganz besonders praktisch. Vielleicht ist es möglich, mit Hülfe desselben Formeln für die organischen Körper aufzustellen, aus denen, wenn sie richtig gedeutet werden, nicht nur eine oder mehrere, sondern alle Umsetzungsweisen derselben abgeleitet werden können.

Nach dieser theoretischen Abschweifung sey es mir gestattet, auf meine Versuche zurückzukommen, welche die Natur der Oxacetsäure näher festzustellen dienen können.

Bisher bin ich auf Butlerow's [1]) Aeufserung über meine Ansicht von der Natur der Oxacetsäuren, welcher ich oben (S. 445) Erwähnung gethan habe, nicht näher eingegangen, weil er seine Ansicht nicht so ausführlich entwickelt, wie diefs Wurtz in dem Streit mit Kolbe in Betreff der Constitution der Milchsäure gethan hat. Auch jetzt ist es nur der Rath, den er mir ertheilt, das Verhalten der Oxacetsäuren gegen Phosphorsuperchlorid zu benutzen, um endgültig meine Ansicht von der Constitution derselben festzustellen, der mich veranlafst, auf seine Bemerkungen zurückzukommen.

Aus dem Vorhergehenden wird, hoffe ich, klar geworden seyn, dafs dieser Versuch auf meine Ansicht keinen Einflufs ausüben kann. Denn mag dadurch das Alkoholradikal aus der Verbindung ausgeschieden werden oder nicht, das bleibt doch gewifs, dafs dieses Alkoholradikal an Stelle eines Wasserstoffatoms getreten ist, welches unendlich viel schwerer durch Elemente oder Radikale ausgeschieden werden kann, als das Wasserstoffatom, welches so leicht durch Metalle vertretbar ist.

Auch ich nehme ja an, dafs Alkoholradikal mit Glycolyl und Sauerstoff combinirt die Oxacetsäuren constituire. Nur hielt ich sie nicht für Aethersäuren, weil eben das Alkoholradikal darin aufserordentlich viel fester gebunden ist, als diefs in den wahren Aethersäuren der Fall ist, für welche Ansicht die in dem Früheren enthaltenen Versuchsresultate neue wichtige Stützen geliefert haben.

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 114, S. 210*.

So interessant nun auch der Versuch ist, die Oxacetsäuren der Einwirkung des Phosphorsuperchlorids auszusetzen, so bin ich doch noch nicht dazu gekommen, ihn zu Ende zu führen. Ein Zufall hat mich aber einen anderen Weg finden lassen, auf welchem die Ausscheidung des Alkoholradikals aus denselben erfolgt. Schon O. Siemens [1]) beobachtete, dafs bei der Destillation der Amoxacetsäure eine kleiner Theil derselben zersetzt wird. Es bildet sich dabei ein Aether, dessen Zusammensetzung sicher auszumitteln Siemens nicht gelang. Eine ähnliche Erscheinung habe ich bei der Destillation der Aethoxacetsäure beobachtet. Auch diese Säure ist nicht ganz ohne Zersetzung flüchtig. Als nämlich etwa 80 bis 100 Grm. derselben, die aus schön krystallisirtem, vollkommen reinem, von Hrn. Dr. Rebling nach der von mir [2]) angegebenen Methode dargestelltem äthoxacetsauren Kupferoxyd durch Schwefelwasserstoff bereitet worden war, der Destillation unterworfen wurden, ging eine farblose Flüssigkeit über, die nach einiger Zeit sich trübte, und endlich einen bedeutenden, weifsen Bodensatz absetzte, der Wände und Boden des Gefäfses gleichmäfsig überdeckte. Dieser vollkommen weifse, fein pulverige, amorphe Körper wurde von der Aethoxacetsäure durch Filtration getrennt und mit Aether, zuletzt mit Alkohol vollkommen ausgewaschen. Ein Theil desselben haftete sehr fest am Glase. Dieser wurde mit vielem Wasser anhaltend gekocht, wobei er sich auflöste. Als die erhaltene Lösung zur Trockne gebracht wurde, blieb ein geringer fester Rückstand, der dem Wasser keine saure Reaction ertheilte und unveränderte Substanz zu seyn schien. Anfänglich glaubte ich, die Substanz möchte Glycolid seyn, allein dann hätte bei diesem Versuche die sauer reagirende Glycolsäure zurückbleiben müssen. Die gut ausgewaschene Substanz stellte ein schneeweifses, äufserst leichtes, stäubendes Pulver dar, schmolz bei etwa 150° und die sich entwickelnden

1) O. Siemens. Uerber die Amoxacetsäure und einige ihrer Verbindungen. Inaugural-Dissertation, Göttingen 1861*.

2) Diese Annalen Bd. 111, S. 552*.

Dämpfe waren entzündlich und brannten mit blauer Flamme. Die Substanz liefs dabei keinen Rückstand und schwärzte sich nicht. Beim Erhitzen auf 100° C. verbreitete dieselbe einen sehr scharfen, reizenden Geruch. Sie konnte daher zur Analyse nicht bei dieser Temperatur getrocknet werden. Geschah dieses Erhitzen im Glasrohr, so setzte sich an den oberen Theilen desselben etwas sublimirte Substanz ab. Erhitzte man, nachdem alles verdunstet war, den Boden des Röhrchens nur etwas stärker, so fand eine leichte Verpuffung statt und eine blasse, blaue Flamme erschien.

Dieser Körper ist geschmacklos und wird durch Reiben sehr stark elektrisch. Er löst sich nur sehr wenig und langsam in kochendem Wasser, gar nicht in kochendem Alkohol und Aether und selbst kochende, concentrirte Kalilauge löst ihn nicht auf. Kochende Salpetersäure dagegen wirkt auf ihn lösend und oxydirend. Es werden dabei rothe Dämpfe entwickelt. Wenig erwärmte Salpetersäure löst ihn ebenfalls, aber ohne Entwicklung rother Dämpfe. Auch kochende Salzsäure löst ihn und diese Lösung verbreitet in der Kochhitze heftig zum Husten und die Augen zu Thränen reizende Dämpfe. Schwefelsäure löst ihn in der Kälte nicht, in der Wärme findet dagegen Lösung statt unter Entwickelung jener reizenden Dämpfe. Durch Wasser trübt sich diese Lösung nicht. Auffallend ist, dafs als ich diese Substanz mit Kalihydratlösung kochte, diese Dämpfe sich nicht zu bilden schienen. Bei der Analyse dieser Substanz erhielt ich folgende Zahlen:

I. 0,2246 Grm. der unter der Luftpumpe getrockneten Substanz lieferten 0,3276 Grm. Kohlensäure und 0,1373 Grm. Wasser; entsprechend 0,08935 Grm. oder 39,78 Proc. Kohlenstoff und 0,01526 Grm. oder 6,79 Proc. Wasserstoff.

II. Aus 0,1833 Grm. derselben erhielt 0,2688 Grm. Kohlenstoff und 0,1134 Grm. Wasser. Die Substanz enthielt also 0,07331 Grm. oder 39,94 Proc. Kohlenstoff und 0,0126 Grm. oder 6,87 Proc. Wasserstoff. Diese Zahlen führen zu folgender Zusammensetzung:

	I	II	berechnet	
Kohlenstoff	39,78	39,99	40,00	2 C
Wasserstoff	6,79	6,87	6,67	4 H
Sauerstoff	53,43	53,14	53,33	2 O
	100	100	100.	

Die Substanz hat also die Zusammensetzung der Essigsäure und ist, wie ihre Eigenschaften unzweifelhaft machen, identisch mit dem von Butlerow [1]) entdeckten *Dioxymethylen* [2]).

Der Rückstand, der bei dieser Destillation in der Retorte zurückgeblieben, war etwas braun gefärbt; er wurde mit Wasser verdünnt und mit kohlensaurem Kupferoxyd gekocht. Die filtrirte Lösung setzte beim Erkalten und weiteren Eindampfen ein grün gefärbtes, schwer lösliches Kupfersalz ab, das von der Mutterlauge durch Waschen mit Wasser befreit und in Wasser vertheilt, durch Schwefelwasserstoff zersetzt, ein ziemlich farbloses Filtrat gab, das mit kohlensaurem Zinkoxyd gekocht nach dem Abdampfen ein Salz lieferte, das sich als glycolsaures Zink auswies.

0,2178 Grm. des lufttrocknen Salzes hinterliefsen geglüht 0,0702 Grm. Zinkoxyd. Das Salz enthielt also 32,23 Proc. Zinkoxyd.

0,2154 Grm. desselben gaben bei 130° 0,0318 Grm. Wasser und hinterliefsen beim Glühen 0,0694 Grm. Zinkoxyd, entsprechend 14,76 Proc. Wasser und 32,22 Proc. Zinkoxyd. Das glycolsaure Zinkoxyd enthält 14,34 Proc. Wasser und 32,29 Proc. Zinkoxyd.

Wenn aus der Aethoxacetsäure durch Destillation Dioxymethylen entsteht, so kann sich möglicher Weise nebenbei Aldehyd oder Aethylenoxyd bilden. Denn

$$C^4 H^8 O^3 = C^2 H^4 O^2 + C^2 H^4 O.$$

Um diefs zu untersuchen, unterwarf ich eine Probe der Aethoxacetsäure in einem zugeschmolzenen Rohr, das von

1) Ann d. Chem u. Pharm. Bd. 111, S. 242.

2) Hr. Prof. Butlerow, der die Freundlichkeit hatte, mich auf seiner Reise durch Deutschland zu besuchen, hat sich von der Identität des von mir erhaltenen Stoffes durch Vergleichung mit seinem Dioxymethylen überzeugt.

Luft möglichst befreit war, einer vierstündigen Erhitzung auf 218 bis 220° C. Die Flüssigkeit hatte sich dadurch etwas gelblich gefärbt. Als das Rohr geöffnet wurde, strömte kein Gas aus, vielmehr drang die äufsere Luft ein. Es hatte sich also keine merkliche Menge Gas gebildet. Auch setzte die Flüssigkeit selbst nach langer Zeit keinen festen Bodensatz ab.

Deshalb wiederholte ich die Destillation der Aethoxacetsäure, aber in der Weise, dafs die schwer flüchtige Säure sich so verdichtete, dafs sie stets zurückzufliefsen genöthigt war. Sie wurde zu dem Ende in eine Retorte gebracht, deren Hals gegen das Ende hin unter einem stumpfen Winkel nach unten gebogen war. Bei der Destillation wurde nun die Retorte so aufgestellt, dafs der mit der Kugel der Retorte in Verbindung stehende Schenkel des Retortenhalses, von jener Kugel aus gerechnet, etwas anstieg, der andere Schenkel aber geneigt war. Dieses Ende brachte ich mittelst eines durchbohrten Korks mit einer Vorlage in Verbindung, aus welcher endlich ein Rohr die gebildeten Dämpfe in einen Kugelapparat führte, der etwas Ammoniakflüssigkeit enthielt. Dieses Ammoniak sollte dazu dienen, den Aldehyd oder das Aethylenoxyd, wenn solches gebildet werden sollte, zu absorbiren.

Nach mehrstündigem Kochen wurde der Apparat aus einander genommen und die Ammoniakflüssigkeit verdunstet. Es blieb aber fast nichts zurück. Wesentliche Mengen jener beiden Körper konnten sich also nicht gebildet haben.

Die Vorlage enthielt eine Flüssigkeit, die aber zwei über einander sich ablagernde Schichten bildete. Beide waren vollkommen farblos und enthielten keine feste Substanz, setzten sie auch nach längerer Zeit nicht ab. Es war daher auch Dioxymethylen nicht in wesentlicher Menge gebildet. Nur in dem Retortenhalse befand sich ein sehr dünner Anflug von diesem Körper.

Ich versuchte deshalb, ob etwa durch die Destillation der in der Retorte zurückgebliebenen Flüssigkeit ein De-

stillat gewonnen werden könne, das durch sich ausscheidendes Dioxymethylen getrübt würde. Allein selbst nach vielen Wochen blieb diese destillirte Säure vollkommen klar. Aber auch bei dieser Destillation blieb ein Rückstand, der nicht mehr reine Aethoxacetsäure war. Er wurde mit kohlensaurem Kupferoxyd gesättigt und schwer lösliches glycolsaures Kupferoxyd gewonnen, das durch Umkrystallisiren mit Thierkohle fast vollkommen rein erhalten wurde. Denn obgleich es noch grün gefärbt war, hinterliefsen doch 0,2650 Grm. des bei 130° C. getrockneten Salzes 0,0968 Grm. Kupferoxyd, entsprechend 36,53 Proc. Der Theorie nach enthält dieses Salz 37,18 Proc. Kupferoxyd.

Die zwei Flüssigkeitsschichten, welche sich in der Vorlage befanden, wurden getrennt, die obere in Aether gelöst und diese Lösung, nachdem sie durch Chlorcalcium vollkommen entwässert war, durch ein sorgfältig getrocknetes Filtrum filtrirt. Darauf ward der Aether im Wasserbade abdestillirt, und die Entfernung der letzten Spuren desselben durch einen trocknen Luftstrom erreicht. Hiebei roch die abströmende Luft schliefslich stark nach Dioxymethylen und wurde sie deshalb so lange hindurch geleitet, bis dieser Geruch vollkommen verschwunden war. Nun wurde die rückständige Flüssigkeit der Destillation unterworfen. Ihr Kochpunkt konnte nicht wohl bestimmt werden, da die Menge derselben dazu zu gering war.

0,1907 Grm. dieses Körpers lieferten bei der Analyse 0,3774 Grm. Kohlensäure und 0,1564 Grm. Wasser, entsprechend 0,10293 Grm. oder 53,97 Proc. Kohlenstoff und 0,01738 Grm. oder 9,11 Proc. Wasserstoff.

0,2420 Grm. desselben gaben 0,4800 Grm. Kohlensäure und 0,1994 Grm. Wasser, entsprechend 0,13091 Grm. oder 54,09 Proc. Kohlenstoff und 0,02216 Grm. oder 9,14 Proc. Wasserstoff.

Die Substanz besteht also aus:

	I	II	berechnet	
Kohlenstoff	53,97	54,09	54,55	6 C
Wasserstoff	9,11	9,16	9,09	12 H
Sauerstoff	36,92	36,75	33,36	3 Θ
	100	100	100.	

Die Substanz hat also die Zusammensetzung des Aethyläthers der Aethoxacetsäure. In der That besitzt sie alle Eigenschaften eines zusammengesetzten Aethers. Sie ist in Wasser nicht, in Alkohol und Aether leicht löslich und hat einen angenehmen aetherartigen Geruch.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs die Aethoxacetsäure nicht ohne Zersetzung destillirbar ist, dafs aber dabei nur ein sehr kleiner Theil in Glycolsäurehydrat und Aethoxacetsäureäthyläther übergeht. Diese Umsetzung kann durch die Gleichung

$$2\left(\left.\begin{array}{r}\left.\begin{array}{r}C^2H^2\Theta\\C^2H^5\end{array}\right\}\Theta\\H\end{array}\right\}\Theta\right)=\left.\begin{array}{r}\left.\begin{array}{r}C^2H^2\Theta\\C^2H^5\end{array}\right\}\Theta\\C^2H^5\end{array}\right\}\Theta+\left.\begin{array}{r}\left.\begin{array}{r}C^2H^2\Theta\\H\end{array}\right\}\Theta\\H\end{array}\right\}\Theta$$

bildlich dargestellt werden. Aufserdem findet aber noch eine andere Zersetzung statt, bei der die Radikale selbst mit zerstört werden. Sie veranlafst die Bildung von Dioxymethylen. Die Vermuthung, es möchte sich nebenbei Aethylenoxyd oder Aldehyd bilden, aufser Zweifel zu setzen, ist mir zwar nicht gelungen, aber der Umstand, dafs bei dem letzten Versuche keine merkliche Menge der Producte erhalten wurde, beweist wenigstens nicht, dafs sie sich nicht bilden, wenn sich Dioxymethylen erzeugt. Denn diese Substanz entstand bei diesem Versuch ebenfalls nur in ungemein geringer Menge.

Diese Zersetzungsweise der Aethoxacetsäure im Kochen lehrt, dafs, wie Butlerow voraussah, und wie ich es keinen Augenblick bezweifelt habe, das Aethyl aus der Aethoxacetsäure unter günstigen Umständen wieder ausgeschieden werden kann, indem sich Glycolsäure erzeugt. Diefs ist aber durchaus kein Grund, anzunehmen, diese Säure sey die Aethyläthersäure der Glycolsäure oder das Aethyl sey in derselben nicht im Radikal enthalten, wie ich weiter oben schon ausführlich auseinandergesetzt habe.

Dagegen sind die Oxacetsäuren sicher Homologe der Aethylmilchsäure oder, wie ich sie nenne, der Aethoxypropionsäure, die Wurtz, wie schon oben erwähnt, entdeckt und die neuestens Butlerow[1]) bei Zersetzung des Iodoforms durch Natriumäthylat neben Dioxymethylen und Acrylsäure erhalten hat. Sie erleiden daher auch dieselbe Zersetzung, wie diese. So gelingt es denn auch, wie Butlerow[2]) voraussetzt und wie auch ich, nachdem mir die zuletzt citirte Arbeit bekannt geworden war, durchaus nicht bezweifelte, die Oxacetsäuren durch Iodphosphor in die Iodverbindungen des Alkoholradikals und Essigsäure oder Glycolsäure überzuführen.

Zu dem Versuche verwendete ich Aethoxacetsäure, die mit Wasser verdünnt auf Iodphosphor gegossen wurde. Nach einigem Stehen der Mischung unterwarf ich sie der Destillation, wobei eine trübe Flüssigkeit überging, die sich sofort in eine schwere, zu Boden sinkende, und eine darüberstehende wässerige schied. Erstere wurde leicht an allen Charakteren als Iodäthyl erkannt. Die davon getrennte, wässerige, sauer reagirende Flüssigkeit wurde mit dem Product gemischt, welches beim Destilliren der Mischung des Destillationsrückstandes mit Wasser erhalten wurde, und nachdem sie mit kohlensaurem Natron übersättigt und wieder mit Weinsäure stark sauer gemacht worden war, von Neuem der Destillation unterworfen. Dadurch blieb die darin enthaltene Iodwasserstoffsäure zurück. Das noch immer saure Destillat wurde mit Baryt gesättigt und das Barytsalz zur Trockne gebracht. Es verhielt sich ganz wie essigsaurer Baryt. Eine Probe davon entwickelte mit Schwefelsäure gemischt deutlich den Geruch nach Essigsäure. Eine andere Probe roch stark nach Essigäther, als sie mit einer Mischung von Schwefelsäure und Alkohol erhitzt wurde. Eine dritte färbte sich auf Zusatz von Eisenchloridlösung lebhaft roth. Salpetersaures Silberoxyd wurde dadurch gefällt und der Niederschlag löste sich im Kochen wieder

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 114, S. 204* u. Bd. 118, S. 325*.
2) A. a. O. Bd. 118, S. 329*.

auf, indem sich eine geringe Schwärzung einstellte; beim Erkalten setzte sich das essigsaure Silberoxyd in Krystallen wieder ab. Salpetersaures Quecksilberoxydul schlug ebenfalls die Lösung mit grauweifser Farbe nieder.

Der die Phosphorverbindungen enthaltende Destillationsrückstand wurde filtrirt, mit Barythydrat gesättigt, gekocht, der entstandene, in der Hitze sich nicht schwärzende Niederschlag abfiltrirt, und das Filtrat eingedunstet. Es blieb eine syrupartige Flüssigkeit zurück, die mit Alkohol behandelt zu einer zähen Masse zusammenklebte. Der Alkohol enthielt etwas Iodbaryum, aber auch eine kleine Menge organischer Substanz. Denn der Verdunstungsrückstand schwärzte sich beim Erhitzen etwas, aber ein Brennen mit Flamme war nicht zu bemerken.

Was in Alkohol nicht gelöst war, wurde noch einmal in Wasser gelöst und durch absoluten Alkohol gefällt. Der pulverige Niederschlag wurde auf einem Filtrum gesammelt und das Filtrat ebenfalls verdunstet, wobei ein geringer Rückstand blieb, der neben noch etwas Iodbaryum schon reichlich organische Substanz enthielt, denn er brannte mit Flamme.

Der mit Alkohol ausgewaschene, vollkommen weifse Rückstand endlich wurde in heifsem Wasser gelöst und die filtrirte Flüssigkeit verdunstet. Hiebei bildeten sich so leicht Krystalle, dafs ich der Meinung war, sie könnten nicht aus glycolsaurem Baryt bestehen. Deshalb schied ich die zuerst ausgeschiedenen Krystalle von der Mutterlauge, wusch sie einige Mal mit kaltem Wasser ab, und unterwarf sie einer Analyse.

0,2614 Grm. dieser Krystalle lieferten in der Glühhitze, nachdem sie bei 100° und selbst 150° kaum etwas an Gewicht abgenommen hatten, 0,1787 Grm. kohlensaure Baryterde, entsprechend 0,13879 Grm. oder 53,09 Proc. Baryt. Die Rechnung verlangt 53,31 Proc. Baryt.

Hieraus geht hervor, dafs diese Substanz doch nichts anderes als glycolsaurer Baryt war. Demgemäfs lieferte der Rest der Krystalle, sowie die Mutterlauge, nachdem

sie durch ungefähr die äquivalente Menge Kupfervitriol in der Kochhitze zersetzt waren, beim Erkalten der filtrirten Flüssigkeit schwer lösliche, blaue Krystallchen, die alle Eigenschaften des glycolsauren Kupferoxydes besafsen.

Somit ist also die Vermuthung von Butlerow vollkommen gegründet, dafs auch aus den Oxacetsäuren die Alkoholradikale durch Iodphosphor in Form der Iodverbindungen wieder ausgeschieden werden können. Ich wiederhole jedoch, dafs diefs auch nach meiner Ansicht über die Constitution dieser Körper vollkommen erklärlich ist, und dafs ich daher auch darin keinen Beweis gegen meine Behauptung erkennen kann, dafs dieselben nicht der Gruppe der Aethersäuren zuzurechnen sind. Im Gegentheil lehrt dieser Versuch, dafs wenn auch das Aethyl aus der Aethoxacetsäure wieder ausgeschieden werden kann, diefs nur durch Mittel bewirkt wird, die selbst noch tiefer eingreifende Zersetzungen, wie z. B. die Zurückführung der Glycolsäure zu Essigsäure, hervorbringen. Er bestätigt also gerade meine Ansicht.

V. *Ueber die nähern Bestandtheile des Meteoreisens. Von Freiherrn v. Reichenbach.*

XVIII.

Die Wülste und das Glanzeisen.

Wir haben mit den, in den jüngsten Aufsätzen geschilderten drei Arten von Eisenverbindungen das kennen gelernt, was unter der Bezeichnung: »Trias« im Meteoreisen in eine Einheit zusammengefafst wurde, nämlich das Balkeneisen (Kamacit), das Bandeisen (Tänit), und das Fülleisen (Plessit). Diese drei Substanzen kommen überall mit einander vor, bedingen sich sichtlich gegenseitig, und ste-

hen in einem Verbande, dessen Ursache wir nicht kennen. Alle andern Eisenverbindungen, die wir noch weiter in den Meteoriten finden, und von denen wir einige jetzt zur Sprache zu bringen versuchen, kommen zerstreut und vereinzelt zum Vorschein und zeigen keinen nähern Zusammenhang weder mit der Trias noch unter sich.

Ehe wir die Trias jedoch verlassen, möchte ich zum bessern Verstehen derselben noch mit einigen Worten auf das zurückkommen, was ich unter dem Ausdrucke »Wulst« schon bei frühern Gelegenheiten berührt habe. Es ist dieſs eine Unregelmäſsigkeit in den Eisenmeteoriten, die zu häufig in der Trias vorkommt, als daſs man sie nicht wohl sich merken müſste, wenn man überhaupt in dem Gewebe derselben sich zurecht finden, und nicht alle Augenblicke irre werden will.

Wenn die Trias unbehelligt von fremden Zufälligkeiten, die ihr störend in den Weg treten, überall sich hätte ausbilden können, so würden wir allenthalben ein schönes, regelmäſsiges, geradlinigtes, dem Krystallisationsgesetze des Oktaëders folgsames, rein metallisches Gewebe erhalten haben. In dieser Reinheit sehe ich es vor mir nur in wenigen Exemplaren, die ich von *Putnam*, vom *Löwenfluſs* und von *Charlotte* vor mir habe, und wozu auch wohl noch *Tazewell* zu zählen seyn möchte, so wie ich dasselbe in der unzugänglichen kaiserlichen Schatzkammer zu Wien, genannt Mineralien-Cabinet, vor einigen Jahren liegen gesehen zu haben glaube; ich selbst besitze nichts von Letzterem. Allein so ruhig ist es bei der Entstehung der Meteoriten nicht hergegangen; sie tragen vielmehr, besonders die Steinmeteoriten, zahlreiche und sprechende Merkmale eines unruhigen, zuweilen sehr turbulenten Herganges bei der Aggregation ihrer Bestandtheile unverkennbar zur Schau. Viele Eisenmeteoriten zeigen in der Trias bedeutende Unregelmäſsigkeit, die von Störungen herrühren, deren Veranlassung zwar häufig auf den Schnitten nicht erkannt werden kann, jedoch in manchen andern Fällen glücklich zu Tage kommt. Wir finden, die Genannten ausge-

nommen, fast in allen Eisenmeteoriten Gelegenheit diefs zu beobachten, am sprechendsten aber in jenen, in welchen von der Trias Ein Bestandtheil die Oberhand gewonnen hat, wie in *Claiborne*. Hier sieht man eine zahlreiche Menge gröfserer und kleinerer Flitter und Körner ohne alle Ordnung eingestreut in das Balkeisen (Kamacit), das hier der herrschende Bestandtheil ist. Nirgends deutlicher als auf den Schnitten dieses Meteoriten sieht man, wie viele Zufälligkeiten sich der in Krystallisation begriffenen und im Werden befindlichen Meteoriten beigesellt haben. Sie bestehen bald aus Magnetkies, bald aus Graphit, bald aus Phosphornickeleisen, oder aus Olivin, und aus anderen Bestandtheilen der Meteoriten.

Diese fremden Körper nun, indem sie hereinfielen in die in Bildung begriffenen Meteoriten, zeigen dafs ihr Eintritt niemals ohne anderweitige Wirkungen, niemals ohne eigenthümlichen Einflufs auf die Bildungsthätigkeit der im Krystallisationsgeschäft begriffenen Stoffe war.

Ueberall, wo ich diese Wirkung beobachten konnte, bestand sie immer zunächst darin, dafs der *hineingerathene fremde Körper in eine Umhüllung, eine Incrustation von Balkeneisen (Kamacit) eingewickelt wurde,* worüber ich schon früher einige Worte gesagt habe. Mochte der fremde Körper rund, eckig, flach und blattartig gestaltet seyn: es war diefs alles gleich, er wurde sogleich, wie er erschien, von Balkeneisen überzogen, welches sich ein, zwei und mehr Linien dick darauf auflagerte und zwar mit krystallinisch blätterigem Gefüge, wie alles andere Balkeneisen in demselben Meteoriten auch. Auf der einen Seite bequemte es sich der Gestalt des fremden Körpers an; auf der andern, der abgekehrten Seite gestaltete es sich unregelmäfsig wulstig aus. In diesem Zustande wuchs es in die Masse desselben ein und legte sich unregelmäfsig querfeldein zwischen die Bestandtheile der Trias. Diefs ist so häufig der Fall, dafs diese davon oftmals ein ganz verwirrtes Aussehen bekommt. Da man den fremden Körper, der diese Unordnung im Gebälke des Kamacits hervorgebracht hat,

in vielen Fällen nicht sieht, in allen demjenigen nämlich, in welchen er nicht in die Fläche des Schnittes gefallen; so nimmt man die Krystallisation selbst in Verdacht, dafs sie an und für sich unregelmäfsig sey, während die Schuld in einem verborgenen Accidenz liegt, das aber seine Wirkung bis in die Fläche des Schnittes forterstreckt. Wenn sich nun diefs auf einer Schnittfläche mehrmals wiederholt, so wird sie für den Anblick ganz confus und verwildert. Es giebt aber auch einfache schöne und klare Fälle, und zur Verständigung will ich hier die Zeichnung eines Magnetkieses beifügen (Fig. 13 Taf. II), der in einem meiner Exemplare von *Bata* vorkommt. Das in der Mitte weifs gebliebene Feld ist Schwefeleisen, das Schraffirte ist wulstiges Bandeisen, und die parallelen Linien bestehen aus der Trias des ganzen Meteoriten überhaupt. Fälle von Schwefeleisen in gleicher Einhüllung liefert *Lenarto, Ashville, Bohumiliz, Madoc, Ocotitlan, Xiquipilco, Durango, Cosby, Seeläsgen* und besonders reichlich und deutlich *Zacatecas*. Letzterer Meteorit hat zwar keine regelmäfsigen Widmannstätten, aber doch ein krystallinisches Gefüge, das diesen nahe kommt. Dazwischen sind Magnetkieskügelchen von Hanfsamengröfse weitläufig zerstreut, die häufig länglich werden und wurmförmig sich herumziehen. Alle diese sind durchaus umgeben, ja sie sind förmlich eingebettet in dickes wulstiges Balkeneisen, das überall die andere krystallinische Zeichnung durchsetzt und durchkreuzt. Andere Körper, Graphit, Eisenverbindungen, die nicht zur Trias gehören und auf welche ich noch nicht zu sprechen kam, Phosphornickeleisen in einiger Anhäufung u. s. w. nehmen mehr oder minder ähnlichen Verlauf, wenn sie in Eisenmeteoriten sich einlagern, wie in *Ocotitlan* und *Xiquipilco*. Am schönsten aber zeigt sich diefs, wo Olivine in der Trias erscheinen, und *nichts anderes ist die Pallasgruppe*. Unmittelbar von Balkeneisen (Kamacit) umfangen wird jedes Olivinkorn, jeder Olivinkrystall. Kein anderes Eisen berührt ihn. Wo viel Olivin zusammengehäuft und wenig Raum für Eisen geblie-

ben, da hat sich alles Balkeneisen um den Olivin rund herumgelegt und das Bandeisen sammt dem Fülleisen ist ihm nachgefolgt alles nur in einer Schicht; so in *Pallas*, *Atakama*, *Brahin*. Wo weniger Olivin sich vorgefunden, da hat das Balkeneisen immer nur in einer Schicht, in runden Wülsten auf den Olivin sich auflegend, in dem weitern Raume alsbald begonnen wieder in die Trias überzugehen, geradlinige Krystallbildung anzunehmen und seinem eigenen Gesetze zu folgen; so in kleinen Versuchen schon in *Pallas* und *Atakama*, in voller Ausbildung aber, nur in verkleinertem Maafsstabe, in *Bitburg* und noch vollendeter in den schönen *Steinbach* und *Rittersgrün*.

Man kann sich hieraus einige kleine Lehren abstrahiren. Man hat nämlich bisher da und dort immer die Bildungen der Pallasgruppe für eine vollständigere Entwicklung und ihre individuelle Fälle für Meteoriten von höherer Ausbildung angesehen. Aus Obigem geht nun hervor, dafs diefs ein Irrthum ist. Weit entfernt, auf einer höhern Stufe zu stehen, sind umgekehrt die Meteoriten der Pallasgruppe in einem Zustande der Verkümmerung und der gestörten, der niederern Ausbildung. In die von der Natur angelegte Trias haben sich eine bald gröfsere bald geringere Menge Olivinkörner eingemengt, das Balkeneisen (Kamacit) ist auf sie gelenkt worden, hat sich in unregelmäfsiger Gestaltung um sie gelegt, sie inkrustirt und die ordentliche Ausbildung der Trias durch seine Dazwischenkunft mehr oder minder verhindert, verkümmert. Die Olivine stecken nun in seinem ordentlichen Krystallisationstriebe entzogenen wulstigen Balkeneisen, (Wulsteisen mihi). Sie verhalten sich wie alle andern in die Trias hineingerathenen Zufälligkeiten, welche die Krystallentwicklung unterbrechen. *Die Pallasgruppe steht also auf keiner höhern, sondern auf einer niederern Stufe der Ausbildung als die Meteoriten der ungestörten Trias.*

Zur Control der aus den vorliegenden Thatsachen gefolgerten Ansicht können uns die Beobachtungen an *Clai*-

borne dienen. Dieser Meteorit, der, wie ich glaube, erwiesenermafsen zur Sippe der Trias, in die Gruppe derer mit vorwaltendem, überhand genommenem, Kamacite gehört, ist reichlich durchsäet mit hineingerathenen fremdartigen Körperchen, namentlich auch mit Schwefeleisen. Aber keiner dieser Körper ist in wulstigen Kamacit eingehüllt. Der Grund ist einfach der, dafs der ganze Meteorit seiner Grundmasse nach selbst aus nichts anderem besteht als aus Kamacit und somit in sich selbst das Einhüllungsmittel der fremdartigen Substanzen ausmacht. Wo nichts anderes als Kamacit allgemein vorhanden ist, da bedurfte es desselben nicht im Besonderen als Einhüllungsmaterial, hier ist der ganze Meteorit die Hülle. Der Mangel der besonderen Hülle hier dient zur Control der gemachten Wahrnehmungen, dafs anderwärts in der gemengten Trias der Kamacit es in der That ist, der sich als Einhüllungsstoff fremder Körper bemächtigt. Ganz dasselbe finden wir, wenn auch minder zahlreich, so doch eben so sicher mit geringen Varianten in *Hauptmannsdorf* und in *Chester*.

Eine andere Belehrung können wir uns hieraus für den räthselhaften Meteoriten von *Tucuman* (Otumba, Gran Chako) ziehen. Er zeigt auf dem Schnitte und nach der Aetzung keinerlei Figuren, auch nicht die feinsten Schraffirungslinien war ich zu entdecken im Stande. Das Eisen ist sehr hell lichtgrau, hat viele unverständliche geradlinige Einschnitte in Kreuz und Quer und blieb überall eine so problematische Erscheinung, dafs man oftmals seine Aechtheit bezweifelte und ihn als ein Hüttenprodukt verdächtigte. Es gelang mir endlich auf einem Schnitte eine Schwefeleiseneinlagerung zu durchfahren und damit war die Meteorität des Fallortes gerettet. Allein um so verständlicher wurde dadurch die übrige Natur dieses Körpers. Wohin war er zu klassificiren? sollte er eine eigenthümliche Eisenart, Eisenverbindung bilden, die in allen andern Meteoriten bis jetzt nicht vorkam? Es herrscht, wie wir nach und nach immer deutlicher einsehen, so viel Gesetzlichkeit und Uebereinstimmung in allen den noch so verschieden aussehenden Meteo-

riten, dafs eine solche Vermuthung gegründetem Mifstrauen begegnen mufste. Nun aber beschaute ich die Ränder jener Schwefeleiseneinlagerung unterm Vergröfserungsglase und fand da keine Spur von Wulsteisen (wulstigem Kamacit); der fremde Körper lag nackt in der Eisenmasse. Wir haben aber gesehen, dafs fremde Einmengungen nur in Balkeneisen eingehüllt auftreten; wir haben eine beweisliche Anwendung hievon bereits in *Claiborne* kennen gelernt, in welchem Kiese und andere Accidenzien ohne wahrnehmbares Balkeneisen liegen, weil die ganze Meteoritmasse aus Balkeneisen besteht, — und so sind wir zur unabweislichen Folgerung hingeführt, dafs Tucuman keine Ausnahmserscheinung, sondern ein Balkeneisen (Kamacit) seiner Hauptsubstanz nach ist. Die Wahrnehmung, dafs alle in die Trias gefallene Körper mit Wulsteisen (wulstigem Kamacit) umhüllt sind, im Balkeneisen selbst aber diese Erscheinung nicht statt hat, hat uns den Schlüssel zur Erkenntnifs der Natur des *Tucuman* geliefert: *Balkeneisen ist es, woraus er besteht* und im Systeme reiht er sich nunmehr zunächst dem Meteorit von *Claiborne* an, der gleichfalls daraus besteht.

Der gleiche Fall ist es mit *Senegal;* auch er ist ein weifsgraulicher, sehr heller Meteorit, ohne alle Figuren nach dem Aetzen, ohne irgend eine Andeutung von Schraffirungslinien und nach allen Richtungen ohne alle Ordnung von geradlinigen Schnitten durchsetzt. (Möglichen Falls könnten sie von feinen Graphitblättern herrühren.) Die Aehnlichkeit mit Tucuman ist vollständig. Aber auch hier kommen kleine Schwefeleisenfleckchen vor, welche ohne Umgebung von wulstigem Balkeneisen eingelagert sind. Die Uebereinstimmung mit Tucuman ist von naturhistorischer Seite zum Verwechseln grofs. Und so folgt, dafs auch *Senegal seiner Hauptmasse nach lediglich aus Balkeneisen (Kamacit) besteht* und den gleichen Meteoriten beizuzählen ist.

In den *Steinmeteoriten* besteht fast das ganze Eisennetz, das sie in der Regel durchzieht, lediglich aus Balkeneisen (Kamacit), diefs eben deswegen, weil es dem Eisen hier

an Raum gebrach und nur der die steinigen Körper unmittelbar einhüllende Kamacit noch einigen Platz fand. Ein Steinmeteorit kann wie ein solcher Eisenmeteorit betrachtet werden, in welchen das Eisen zu spät herbeikam, und ihm entweder gar kein, oder kaum noch welcher Raum zwischen den Fugen der Steinkörperchen übrig blieb. *Hainholz* besteht aus einem Uebergangsgliede zu der Pallasgruppe; in ihm ist das Eisen schon soweit vorwärts gedrungen, dafs einzelne Partikel von Balkeneisen Auflagerung von vereinzelten Bandeisenblättchen zeigen; in diesem hat sich das Eisen weiterschreitend zu einem zusammenhängenden Netzwerk vereinigen können, das zwar krummlinig ist, aber doch schon ganz vollständig die Trias enthält. Durch alle diese Verkümmerungen stellt sich aber Regel und Gesetz immer wieder her, wie sie durch die ganze Meteoritenkunde walten.

Wenden wir nun diese Erfahrungen auf die ganze zahlreiche Sippe der Trias an, die alles umfafst, was Widmannstättensche Figuren trägt, so gewähren sie uns das Erklärungsmittel so vieler Unregelmäfsigkeiten darin beineben so grofser Regelmäfsigkeit in einzelnen Fällen Meine Bewunderung der prachtvollen Regelmäfsigkeit, mit der *Löwenflufs, Putnam, Charlotte* und *Tazewell* ausgebildet sind, habe ich schon ausgesprochen. Die Unregelmäfsigkeiten treten ein, so wie fremde Körper mit wulstigem und knotigem Bandeisen überzogen in der Trias inneliegen, und diefs ist der Fall bei *Agram, Elbogen, Caryfort, Ashville, Seeläsgen, Cosby, Bemdego, Bohumiliz, Tula, Burlington, Lockport, Ruff, Carthago, Lenarto, Sevier, Misteca, Zacatecas, Durango, Schwetz, Xiquipilco, Bata, Ocotitlan,* u. a. m. Wer nur einen geäzten Schnitt eines solchen Eisenmeteoriten anschaut, fühlt sich unangenehm berührt von den krausen Störungen der Regel des sichtlich vorhandenen geradlinigen Gestaltungstriebes, und von den vielen Unterbrechungen der Symmetrie der Krystallisation. Und wenn er den Ursachen davon aufmerksam nachgeht, so wird er finden, dafs sie jedesmal von einer in die Trias zufällig hereingerathenen

dritten Substanz und deren Bedeckung mit Wülsten von Balkeneisen (Kamacit) herrühren.

Somit kommen wir auf dem Wege vorstehender Entwicklungen für das Balkeneisen zu dem Gesetze: *Der Kamacit in ungestörter Entfaltung bildet sich zu regelmäfsigen geralinigen tesseralen Krystallgestalten aus; wird er aber durch Zwischenlagerung fremder Körper hierin beeinträchtigt; so verkümmert er in der Ausbildung; es entstehen knotige Auswüchse und Wülste von Balkeneisen um den Fremdling, die ihn in der Pallasgruppe wie in der gesammten Trias einhüllen und in die Eisenmasse versenken.*

Das Glanzeisen.

Nach diesen Auseinandersetzungen will ich es versuchen, einen solchen Einlagerungskörper zu schildern.

Wenn man polirte Eisenmeteoriten mit sehr verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure ein und andermal überpinselt, so wird, wie wir in den vorangegangenen Abhandlungen gesehen haben, in der Regel alles rasch mehr oder minder angegriffen, die Politur verschwindet, und der Tänit färbt sich gelbroth, es ist die Trias, welche diesen Angriffen unterliegt. Anders aber ist es mit einer abgesondert darin vorkommenden Erscheinung, die nicht zur Trias gehört, in welcher sie aber öfters auftritt. Nicht selten bleibt in manchen Eisenmassen nach der Aetzung etwas unregelmäfsig zerstreutes übrig, das den Angriffen verdünnter Säuren widersteht, seinen vollen *Metallglanz behauptet, nicht rothgelb wird, sondern fast zinnweifs das Licht zurückwirft, leuchtend wie ein Spiegel.* Man hat es oft für gleichbedeutend mit dem Tänit gehalten, diesen und jenes, und wohl auch noch anderes vermengt und verwechselt und Schreibersit genannt; allein eine solche Vermengung wesentlich verschiedener wohlcharakterisirter Eisengebilde ist in der Wissenschaft nicht zulässig. Wie durchaus verschieden diese sind, davon giebt zunächst der ziemlich verbreitete *Lenarto* Zeugnifs. Ich habe, indem ich dieses schreibe, vier gute Exemplare davon vor mir liegen, darunter ein neun Zoll

langes Stück von fünf Pfunden. Ueberall besteht es aus einer schönen Entfaltung der Trias, nämlich aus reichlichen deutlich schraffirten Balkeneisen, (Kamacit), zahlreichen Rechtecken und Dreicken von Fülleisen (Plessit), zwischen beiden überall die Scheidewand des röthlichgelben Tänits. Aber damit ist die Anzahl der Gemengtheile dieses schönen Eisenmeteoriten nicht erschöpft; über alles dieses hinaus tritt auf ihm etwas auf, das heller, blanker, weifser und glänzender ist, als alle bisher geschilderten Gebilde im Meteoreisen. Es sind diefs zahlreiche Fleckchen und Reihen von Fleckchen eines hellglänzenden weifsen Metalles, mit dem die Aetzfläche wahrhaft prangt. Eine leichte Zeichnung davon ist Fig. 14, Taf. II; die schraffirten Theile sind Balkeneisen, (Kamacit), die punktirten Fülleisen, (Plessit), die leergebliebenen weifsen Stellen bezeichnen das Glanzeisen.

Auf der polirten Eisenfläche des Meteoriten war vor der Aetzung nichts wahrzunehmen, alles war gleichfarbig eisengrau und glänzend; nach der Aetzung aber, wo alles angegriffen war, blieben diese Theile von ihrer Umgebung scharf abgegränzt, unverändert und spiegelblank.

Davon abgeleitet nenne ich sie *Glanzeisen, Lambrit*, von *λαμβρος*, glänzend, leuchtend.

Der grofse Unterschied zwischen diesen und den andern Eisenarten ist hier nebeneinander auf das Unzweideutigste ausgeprägt. Diese Eisenverbindung hat gleich in ihrem Vorkommen die Eigenthümlichkeit, dafs sie nicht in der Trias allein, noch darin unbestimmt oder frei zerstreut auftritt, sondern dafs sie in ihr vorzugsweise, häufig ausschliefslich das Balkeneisen sich zu seinem Träger ausgewählt hat und in diesem entlang seiner Balken eingelagert erscheint. Mitten in den Balken bildet es bald Reihen von glänzenden unregelmäfsigen Fleckchen, bald von kürzern oder längern Strichelchen, bald von schmalen Streifen, alle von luftbeständigem Metallglanze. Nicht in allen Balken ist es vorhanden, manche sind davon leer; andere besitzen ein vereinzeltes Fleckchen; wieder andere deren mehrere, endlich werden ganze Linien und Streifen daraus. Ein und

dasselbe Bruchstück von einem Eisenmeteoriten ist auf der einen Seite reichlich damit versehen, auf einer andern sieht man davon nichts, so namentlich in *Arwa*. Auch nicht alle Eisenmeteoriten sind davon betheiligt, es giebt deren, die gänzlich davon entblöst sind. Da, wo es erscheint, erzeugt es mehr oder weniger wulstige Auftreibungen in den Balken; alles deutlich je nachdem der Schnitt durchlief.

Das *Vorkommen* zeigt sich nächst *Lenarto*, reichlicher noch in *Caryfort*, in *Sevier*, in *Davisstrasse* und in *Sarepta*. Das Balkeneisen von diesen ist ganz damit durchsäet und giebt diesen interessanten Meteoriten ein eigenthümlich buntes Ansehen, in deren Struktur man sich deshalb nicht allzuschnell zurechtfindet. Ihre Balken sind fast alle davon wulstig. Nächst diesen trifft man dieses Glanzeisen reichlich in *Seneca* an, wo es mitunter in langen Streifen die Mitte des Balkeneisens einnimmt. *Misteca*, *Ashville* und *Ruff* zeichnet sich hierin ebenfalls aus. Ebenso, doch minder reichlich findet es sich in *Löwenflufs*. *Zacatecas* beherbergt viele zerstreute weifsleuchtende Pünktchen, die öfters in kurze Reihen übergehen. In geringerer Menge entdeckt man es bei aufmerksamem Nachsuchen noch in vielen zur Trias gehörigen Meteoriten, namentlich in *Elbogen*, *Agram*, *St^a Rosa*, *Misteca*, *Blakmountains*, *Bemdego*, *Orangeflufs*, *Texas*, *Durango*, *Cosby*, *Seeläsgen*, *Hauptmannsdorf*, *Pittsburg*, *Lockport*, *Bohumiliz*, in den letztern jedoch sparsam. Ueber diese hinaus in der Pallasgruppe, habe ich es nur spärlich in *Brahin* und *Pallas*, in *Atakama* jedoch kaum spurenweise aufzufinden vermocht. Diejenigen Widmannstätten bei welchen ich, wenigstens in den mir vorliegenden Exemplaren meiner Sammlung, nichts davon habe auffinden können, sind *Madoc*, *Burlington*, *Nebraska*, *Louisiana*, *Ocotitlan*, *Schwetz*, *Lockport*, *Charlotte*; möglich dafs sie auch hier nicht durchaus, sondern nur in meinen Exemplaren, vielleicht nur in meinen Schnitten zufällig fehlen und dann wenn sie sich in andern Exemplaren vorfinden sollten, als ein allgemeiner Bestandtheil aller Eisenmeteoriten mit Widmannstätten zu betrachten seyn könnten. Weiter macht sich *Arwa* und *Chester* merkwürdig. Im

Ersteren sind die verschiedenen Gegenden des Eisens auffallend abweichend gemengt. Während ich Stücke von 20 Quadratzoll Polirfläche vor mir habe, in denen Glanzeisen nur kaum wahrnehmbar vorkömmt, habe ich ein anderes von sechs Zoll Geviertfläche, auf denen sich dasselbe in ungewöhnlicher Entwicklung zeigt, über hundert Flecke von einer Quadratlinie und mehr, ja eine Stelle von elf Linien Länge und drei Linien Breite besitzt, die nach der Abäzzung mit dem schönsten Glanze über die übrige Fläche unangegriffen hervorragen. In diesem Stücke kann der zehnte Theil aus solcher Eisenverbindung bestehen. Sie erscheint ohne irgend einige Regelmäſsigkeit der Figur und in allen möglichen unbestimmten Gestalten. *Chester* reiht sich wie in manchem Andern, so auch in dieser Eisenart an Arwa an; es ist, so weit mein Exemplar reicht, durchsäet mit unregelmäſsigen Klümpchen davon, die aus dem übrigen Eisen nach der Aetzung Quadratlinien groſs sich hellglänzend hervorheben.

Bis hieher haben wir das Glanzeisen (Lambrit) nur im Balkeneisen (Kamacit) gesehen. Es kommt aber ebenso reichlich auch unter ganz andern Verhältnissen vor. Wir finden es zunächst im *Fülleisen* (Plessit), und zwar da, wo dieses fast ausschlieſslich herrscht. Ein solcher Fall bietet sich in *Babbsmill* (Green County) dar, eine auf der Aetzfläche trübe graue Eisenmasse, formlos und ähnlich Cap, nur weniger feinkörnig als dieses; kaum würde man seine Meteorität erkennen, wenn nicht darauf unter dem Suchglase vereinzelte weiſse glänzende Metallpunkte von verschiedener Gröſse sparsam vertheilt zum Vorscheine kämen, die sich in ihrer Eigenthümlichkeit als Glanzeisen verrathen. Eine andere hiehergehörige kleine Gruppe bilden *Kamtschatka*, *Saltriver* und *Rásgata*. Ersteres, polirt und angeätzt, entwickelt auf trübem grauem Grunde eine Unzahl kleiner glänzender weiſslicher Fleckchen von allen denkbaren regellosen Gestalten. Saltriver gleicht diesem vollkommen; ganz in ähnlicher regelloser feiner Vertheilung hat es im grauen Felde weiſsleuchtende Fleckchen, die

nur länglicher sind, feine zahllose Strichelchen bilden, die bald gerade, bald unter Winkeln gebrochen sind, und der dunkeln Grundfläche auf den ersten Blick ein schimmerndes Ansehen geben. Der berühmte Rasgata endlich enthält weit weniger von diesem Material und sieht bei einem oberflächlichen Blicke gleichförmig grau auf seiner geätzten Polirfläche aus; betrachtet man ihn aber mit einigermafsen geschärftem Auge, so treten aus ihr die feinsten weifsglänzenden Pünktchen und kurze Strichelchen hervor, die zu tausenden umherliegen. Sie bilden öfters Reihen, ordnen sich in gerade Linien und hängen sich zu Fädchen zusammen. Im letzten Falle sind feine Nadeln, aus denen sie zu bestehen scheinen, in die Schnittfläche gefallen und ihrer ganzen oder theilweisen Länge nach an das Tageslicht gekommen. Nicht selten ordnen sich die Pünktchen in Reihen, welche parallel laufen und damit Winke für ihre weitere Natur geben; dabei schaaren sie sich oftmals in kleine Gruppen zusammen. In kleinsten Inselchen findet man es zerstreut auf *Claiborne.*

Ein Mittelglied bildet der Meteorit von *Tula.* In seinen Balken befindet sich kein Glanzeisen. Aber jenseits des Bandeisens, in engen Zwischenräumen, welche dem Fülleisen angehören, sieht man es zahlreich vorhanden und von dem rothgelben Bandeisenfäden durch fein glänzendes Bläulichweifs sich abheben. Es befindet sich hier in dunkles Fülleisen (Plessit) eingebettet, was ich bei keinem andern Meteoriten wahrnahm.

Weiter kommt das *Glanzeisen (Lambrit) in Gesellschaft von Schwefeleisen*, namentlich mit Magnetkies häufig vor. *Xiquipilco* enthält in solcher Verbindung ganze Klumpen davon. *Lenarto* hat Magnetkieskugeln von zölligem Durchmesser, die in einer Hülle von einer halben Linie dicken Glanzeisens eingewickelt sind. In *Bata* findet sich sternförmiges Schwefeleisen, das entlang seiner gedehnten Peripherie damit zierlich umsäumt ist. In *Zacatecas* ist der Magnetkies überall damit eingefafst. Ebendasselbe findet statt bei *Caryfort,* bei *Cosby*, bei *Ocotitlan*, bei *Ashville,*

Bohumiliz, *Durango*, *Hauptmannsdorf*, *Seeläsgen* und bei *Arwa*. Es erscheint in solcher Begleitung in kleinem und mikroskopisch kleinem Maafsstabe bei *Cap*, bei *Senegal* und bei *Claiborne*. In langen Linien, bis über 1½ Zoll, oder vielmehr in papierdicken Blättern ist Magnetkies eingelagert in *Lenarto*; diese ungewöhnlichen Gestalten liegen entlang eines eigenen Balkeneisen (Kamacits), dessen Mitte sie einnehmen; aber überraschend ist, sie entlang, zu beiden Seiten von Glanzeisen (Lambrit) eingefafst und so genau begleitet zu sehen, dafs man deutlich erkennt, der Magnetkies ist in einen Sack von Glanzeisen gänzlich eingehüllt, die zusammen dann von Balkeneisen (Kamacit) inkrustirt sind.

Auch den *Graphit* fafst das Glanzeisen oftmals ein wie das Schwefeleisen.

In den Steinmeteoriten selbst fehlt diese Eisenverbindung nicht. Das schon mehrerwähnte Eisenkorn, das ich in Blansko gefunden, besteht einem guten Theile nach aus Lambrit, und blieb nach der Politur und Aetzung blank und weifs. *Hainholz* in seinen Eisengruben enthält zahlreiche weifse Fleckchen und Punkte, welche verdünnte Salpetersäure nicht angreift, in und an seinem Kamacite. In *L'Aigle* fand ich es in einem Korne zwischen Magnetkies und Kamacit liegen, wo es wie in Lenarto und Bata im Grofsen, so hier im mikroskopisch kleinen den Kies wie ein Faden umschliefst. Auch in *Piney* lehnt es sich punktweise an das Schwefeleisen an. Aehnliches findet sich in *Siena*. Ein Balkeneisenkorn in *Barbotan* fand ich mit zehn weifsglänzenden Punkten eingefafst, die wahrscheinlich ursprünglich einen glänzenden Reif um dasselbe gebildet hatten. In *Timochin* und *Seres* sah ich vereinzelte zerstreute Punkte davon.

Das Glanzeisen, — der Lambrit — macht auf solche Weise einen eigenen »nähern Bestandtheil« des Meteoreisens aus, und ein reichliches Vorkommen desselben begründet eine eigene Gruppe von Meteoriten in der Sippe der Trias.

Rückblick.

1) Man findet in der Trias häufig Balkeneisen (Kamacit) in unregelmäfsigen wulstigen Formen vor, mit denen es die krystallinische Ordnung stört.

2) Diefs ist überall da der Fall, wo fremdartige Körper in der Trias auftreten, die zufällig in sie hineingerathen erscheinen.

3) Das Balkeneisen umfängt dann ihre ganze Oberfläche, hüllt sie ein, inkrustirt sie und wächst mit ihnen regellos in die Trias ein, deren Ordnung sie stören. Diefs geschieht bei der Widmannstättengruppe, aber nicht bei den Eisenmeteoriten, welche im Ganzen aus Balkeneisen bestehen.

4) Die Pallasgruppe ist keine höhere Ausbildung von Meteoriten, sondern als Uebergangsglied gewissermafsen ein verkümmertes Gebilde. Tucuman und Senegal bestehen aus Kamacit und gehören deshalb zur Trias. Hainholz und die Steinmeteoriten enthalten hauptsächlich Kamacit.

5) Es findet sich, in das Balkeneisen (Kamacit) der Trias eingelagert, häufig eine eigenthümliche weifse, den verdünnten Säuern widerstehende, und deswegen glänzende Eisenverbindung vor, welche mitunter die Rolle eines darin hineingefallenen Accidenzes spielt und das Balkeneisen wulstig macht. Sie bildet einen eigenen nähern Bestandtheil des Meteoreisens, Glanzeisen, Lambrit, genannt.

6) Auch im Fülleisen (Plessit), wo dieser ausschliefslich das Feld behauptet, kommt dieses Glanzeisen vor. Ferner begleitet es häufig das Schwefeleisen und den Graphit, auf deren Umfang es sich legt.

7) Seine reichlichere Gegenwart begründet eine eigene Gruppe in der Sippe der Trias.

VI. *Ueber die thermischen Axen der Krystalle des ein- und eingliedrigen Systems; von C. Neumann in Halle.*

Im 27. Bande dieser Annalen findet man einen Aufsatz von meinem Vater über »Die thermischen, optischen und krystallographischen Axen des Krystallsystems des Gypses«, in welchem sich unter Anderm eine vollständige Darlegung der Methode vorfindet, durch die man bei Krystallen des *zwei- und eingliedrigen* Systems zur Bestimmung der thermischen Axen gelangen kann. Das Studium dieses Aufsatzes wurde für mich Veranlassung, ein Verfahren zu suchen, vermittelst dessen man dieselbe Bestimmung auch für die Krystalle des *ein- und eingliedrigen* Systems ausführen könnte. Die Darstellung dessen, was ich in dieser Beziehung gefunden habe, bildet den Inhalt des vorliegenden Aufsatzes. Ich werde darin zeigen, in welcher Weise man die *Richtung der thermischen Axen* bei einem ein- und eingliedrigen Krystall durch *Winkelmessungen* ermitteln kann; und ferner zeigen, wie auch die, in diesen Axen stattfindenden, *thermischen Dilatationen* vollständig bestimmt werden können, sobald noch *Messungen des Volumens oder der lineären Dimensionen* hinzutreten.

§ 1.

Ueber die innere Verschiebung eines Systemes von Theilchen im Allgemeinen.

Ein System von Theilchen erleide durch irgend welche Ursachen eine Verschiebung, bei welcher sich die Zuwächse der Coordinaten jedes Theilchens als lineäre Functionen dieser Coordinaten selber darstellen. Sind nämlich x_1, x_2, x_3 die Coordinaten eines beliebigen Theilchens in Bezug auf ein rechtwinkliges Axensystem (x_1, x_2, x_3) und Δx_1, Δx_2, Δx_3 die Zuwächse derselben, so soll

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_1 &= L'_1 x_1 + L'_2 x_2 + L'_3 x_3 \\ \Delta x_2 &= L''_1 x_1 + L''_2 x_2 + L''_3 x_3 \\ \Delta x_3 &= L'''_1 x_1 + L'''_2 x_2 + L'''_3 x_3 \end{aligned}\right\} \quad . \quad (1)$$

angenommen werden, wo die L *gegebene Constanten*, d. h. Gröfsen sind, welche *denselben* Werth behalten, auf welches Theilchen des Systemes die Gleichungen (1) auch bezogen werden mögen. Man kann diese durch (1) repräsentirten Verschiebungen zerlegen. Setzt man nämlich

$$\left.\begin{aligned} Dx_1 &= p_{11} x_1 + p_{12} x_2 + p_{13} x_3 \\ Dx_2 &= p_{21} x_1 + p_{22} x_2 + p_{23} x_3 \\ Dx_3 &= p_{31} x_1 + p_{32} x_2 + p_{33} x_3 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (2)$$

$$\left.\begin{aligned} \delta x_1 &= q_3 x_2 - q_2 x_3 \\ \delta x_2 &= q_1 x_3 - q_3 x_1 \\ \delta x_3 &= q_2 x_1 - q_1 x_2 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

wo die p und q folgende Bedeutungen haben sollen:

$$\left.\begin{aligned} & p_{11} = L'_1 \qquad p_{23} = p_{32} = \tfrac{1}{2}(L''_3 + L'''_2) \\ & p_{22} = L''_2 \qquad p_{31} = p_{13} = \tfrac{1}{2}(L'''_1 + L'_3) \\ & p_{33} = L'''_3 \qquad p_{12} = p_{21} = \tfrac{1}{2}(L'_2 + L''_1) \\ & \qquad q_1 = \tfrac{1}{2}(L''_3 - L'''_2) \\ & \qquad q_2 = \tfrac{1}{2}(L'''_1 - L'_3) \\ & \qquad q_3 = \tfrac{1}{2}(L'_2 - L''_1) \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

so wird identisch:

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_1 &= Dx_1 + \delta x_1 \\ \Delta x_2 &= Dx_2 + \delta x_2 \\ \Delta x_3 &= Dx_3 + \delta x_3 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

so dafs hiemit die ursprünglich gegebene Verschiebung Δx_1, Δx_2, Δx_3 in die beiden partiellen Verschiebungen Dx_1, Dx_2, Dx_3 und δx_1, δx_2, δx_3 zerlegt ist.

Die durch Dx_1, Dx_2, Dx_3 (2) repräsentirte Verschiebung, für sich allein betrachtet, kann bekanntlich als Folge einer Ausdehnung oder Zusammenziehung des Systemes nach drei auf einander senkrechten Richtungen angesehen werden. Um diese Richtungen (die sogenannten Hauptdilatationsrichtungen) zu bestimmen, kann man in folgender Weise verfahren. Man bilde aus den bekannten Constanten p und aus v'

unbekannten Gröfsen r, C_1, C_2, C_3 folgende vier Gleichungen:

$$\left.\begin{array}{r} (p_{11}-r)C_1+\quad p_{12}C_2+\quad p_{13}C_3=0 \\ p_{21}C_1+(p_{22}-r)C_2+\quad p_{23}C_3=0 \\ p_{31}C_1+\quad p_{32}C_2+(p_{33}-r)C_3=0 \\ C_1^2+\quad C_2^2+\quad C_3^2=1 \end{array}\right\} \quad (6)$$

bestimme ferner diejenigen drei Werthsysteme r', C'_1, C'_2, C'_3; r'', C''_1, C''_2, C''_3; r''', C'''_1, C'''_2, C'''_3 der eben genannten Unbekannten, welche diesen Gleichungen Genüge leisten; und führe sodann, an Stelle der Coordinaten x_1, x_2, x_3, neue Coordinaten η', η'', η''' ein, welche mit jenen durch die Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} \eta' = C'_1x_1 + C'_2x_2 + C'_3x_3 \\ \eta'' = C''_1x_1 + C''_2x_2 + C''_3x_3 \\ \eta''' = C'''_1x_1 + C'''_2x_2 + C'''_3x_3 \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad (7)$$

verbunden seyn sollen. Multiplicirt man nun die Gleichungen (2) mit $C_1^{(i)}$, $C_2^{(i)}$, $C_3^{(i)}$, und addirt dieselben; so ergiebt sich mit Rücksicht auf (6) sofort:

$$C_1^{(i)}Dx_1 + C_2^{(i)}Dx_2 + C_3^{(i)}Dx_3 = r^{(i)}(C_1^{(i)}x_1 + C_2^{(i)}x_2 + C_3^{(i)}x_1);$$

d. i. mit Rücksicht auf (7):

$$D\eta^{(i)} = r^{(i)} . \eta^{(i)};$$

also, wenn man für i der Reihe nach 1, 2, 3 setzt:

$$\left.\begin{array}{l} D\eta' = r' . \eta' \\ D\eta'' = r'' . \eta'' \\ D\eta''' = r''' . \eta''' \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Aus diesen Formeln (8) erkennt man sofort, dafs die neuen Axen η', η'', η''' die drei auf einander senkrechten Hauptdilatationsrichtungen, und r', r'', r''' die diesen Richtungen entsprechenden Dilatationen vorstellen. Die Formeln (6) bestimmen also gleichzeitig sowohl die Cosinus $C_1^{(i)}$, $C_2^{(i)}$, $C_3^{(i)}$ der Winkel, unter welchen die Dilatationsrichtungen $\eta^{(i)}$ gegen die Coordinatenaxen x_1, x_2, x_3 geneigt sind, als auch die in diesen Richtungen stattfindenden Dilatationen $r^{(i)}$.

Was ferner die partielle Verschiebung δx_1, δx_2, δx_3 (3) anbelangt, so kann dieselbe, für sich allein betrachtet, bekanntlich angesehen werden als das Resultat der Rotation des Systems um eine Axe, welche gegen x_1, x_2, x_3 unter Winkeln geneigt ist, deren Cosinus mit q_1, q_2, q_3 proportional sind. Die relative Lage der Theilchen zu einander ist bei dieser Rotation ungeändert geblieben, so dafs sich das System bei derselben wie ein starrer um jene Axe gedrehter Körper bewegt hat.

Da demnach von den beiden Componenten δ und D, in welche die ursprünglich gegebene Verrückung Δ zerlegt wurde, die erstere keine *innere* Verschiebung des Systems d. h. keine Aenderung in der relativen Lage der Theilchen hervorbringt, so mufs die mit Δ verbundene *innere* Verschiebung alleinige Folge der zweiten Componente D seyn. Mit Rücksicht hierauf ergiebt sich folgendes Resultat:

(9) *Es existiren in einem Systeme von Theilchen immer drei gewisse Theilchenreihen, welche gegen einander senkrecht stehen und auch gegen einander senkrecht bleiben, wenn das System die, durch die Formeln* (1) *dargestellte, Verschiebung erleidet. Um die Cosinus derjenigen Winkel zu finden, unter welchen diese drei Reihen während der ursprünglichen Lage des Systems gegen die Coordinatenaxen* x_1, x_2, x_3 *geneigt sind, und gleichzeitig auch die in diesen Reihen stattfindenden Dilatationen zu ermitteln; hat man aus den in* (1) *vorhandenen Constanten* L *die in* (4) *angegebenen Constanten* p *zusammenzusetzen, und sodann die Gleichungen* (6) *zu bilden. Jedes der aus diesen Gleichungen für* C_1, C_2, C_3, r *resultirenden drei Werthsysteme repräsentirt dann einerseits die Cosinus, durch welche eine jener drei Reihen ihrer Richtung nach bestimmt wird, andererseits die Dilatation, welche in dieser Reihe stattfindet.*

§ 2.

Theorie der thermischen Axen eines beliebigen Krystalles.

Es mögen drei Richtungen des Krystalles, d. h. drei geradlinige Reihen kleinster Theilchen des Krystalles ange-

nommen werden, welche von ein und demselben Punkt O ausgehen, unter irgend welchen Winkeln gegen einander geneigt sind, und beliebig gewählte Längen besitzen sollen. Aendert sich die Temperatur des Krystalles, so werden diese Reihen gleichzeitig sowohl ihrer Richtung wie auch ihrer Länge nach eine Aenderung erleiden. Für die Temperatur θ mögen dieselben ihrer Richtung und Länge nach mit A, B, C, für die Temperatur θ' mit A', B', C' bezeichnet werden. Da jede zur Zeit der Temperatur θ mit BC, oder CA, oder AB parallele Ebene von Theilchen nach Eintritt der Temperatur θ' respective mit $B'C'$, oder $C'A'$, oder $A'B'$ parallel laufen wird; so ergiebt sich sofort: dafs, wenn $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ beliebig gewählte Zahlen sind, und $\mathfrak{a}A$, $\mathfrak{b}B$, $\mathfrak{c}C$ die schiefwinkligen Coordinaten vorstellen, welche irgend ein Theilchen m des Krystalles während der Temperatur θ im Axensysteme (A, B, C) besitzt, alsdann $\mathfrak{a}A'$, $\mathfrak{b}B'$, $\mathfrak{c}C'$ diejenigen Coordinaten seyn werden, welche dasselbe Theilchen m, nach Eintritt der Temperatur θ', in dem alsdann vorhandenen neuen Axensysteme (A', B', C') besitzt.

Sind x_1, x_2, x_3 drei auf einander senkrechte von O ausgehende und im Raume unbewegliche Axen; und sind α_1, α_2, α_3, β_1, β_2, β_3, γ_1, γ_2, γ_3 die Cosinus der Winkel, welche die Krystallrichtungen A, B, C bei der Temperatur θ mit diesen Axen einschliefsen; so haben die rechtwinkligen Coordinaten x_1, x_2, x_3 des Theilchens m zur Zeit der Temperatur θ folgende Werthe:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \mathfrak{a}A\alpha_1 + \mathfrak{b}B\beta_1 + \mathfrak{c}C\gamma_1 \\ x_2 &= \mathfrak{a}A\alpha_2 + \mathfrak{b}B\beta_2 + \mathfrak{c}C\gamma_2 \\ x_3 &= \mathfrak{a}A\alpha_3 + \mathfrak{b}B\beta_3 + \mathfrak{c}C\gamma_3 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (10)$$

Bezeichnet man aufserdem die Zuwächse, welche die neun Cosinus α, β, γ und die Längen A, B, C erhalten, sobald die Temperatur von θ zu θ' ansteigt, mit $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$, $\Delta A = A' - A$, $\Delta B = B' - B$, $\Delta C = C' - C$; und beachtet man, dafs $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$, der zuvor gemachten Bemerkung zufolge, bei Variation der Temperatur ungeändert beiben; so ergeben sich für die Coordinaten $x_1 + \Delta x_1$,

$x_2 + \Delta x_2$, $x_3 + \Delta x_3$, welche dasselbe Theilchen m nach Eintritt der Temperatur θ' in dem festen Axensysteme (x_1, x_2, x_3) besitzt, folgende Werthe:

$$x_1 + \Delta x_1 = \mathfrak{a}(A + \Delta A)(\alpha_1 + \Delta\alpha_1) + \mathfrak{b}(B + \Delta B)(\beta_1 + \Delta\beta_1) + \mathfrak{c}(C + \Delta C)(\gamma_1 + \Delta\gamma_1)$$

$x_2 + \Delta x_2 =$ etc. etc.;

folglich:

$$\left.\begin{array}{l} \Delta x_1 = \mathfrak{a}\Delta(A\alpha_1) + \mathfrak{b}\Delta(B\beta_1) + \mathfrak{c}\Delta(C\gamma_1) \\ \Delta x_2 = \mathfrak{a}\Delta(A\alpha_2) + \mathfrak{b}\Delta(B\beta_2) + \mathfrak{c}\Delta(C\gamma_2) \\ \Delta x_3 = \mathfrak{a}\Delta(A\alpha_3) + \mathfrak{b}\Delta(B\beta_3) + \mathfrak{c}\Delta(C\gamma_3) \end{array}\right\} \quad (11)$$

Um die Formeln (10) und (11) successive verschiedenen Theilchen des Krystalles entsprechen zu lassen, muſs man den Coëfficienten $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ andere und andere Werthe geben. Eliminirt man aber aus den Gleichungen (10) und (11) diese, der individuellen Lage des einzelnen Theilchens zugehörigen, Coëfficienten $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$; so wird man drei Formeln erhalten, welche auſser den Constanten [1]) A, B, C, α, β, γ und den Zuwächsen ΔA, ΔB, ΔC, $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$ nur die Coordinaten x_1, x_2, x_3 und deren Aenderungen Δx_1 Δx_2 Δx_3 enthalten. Diese drei Formeln werden mithin für jedes Theilchen von irgend welcher ursprünglichen Lage $(x_1\ x_2\ x_3)$ die in Folge der Temperaturveränderung eingetretene Verrückung $(\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3)$ bestimmen: und werden demnach als der analytische Ausdruck des Gesetzes anzusehen seyn, nach welchem die Verschiebung der Theilchen des Krystalles erfolgt.

Um die in Rede stehenden Formeln wirklich zu bilden, lösen wir zunächst die Gleichungen (10) nach $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ auf, und erhalten hierdurch:

$$\left.\begin{array}{l} \mathfrak{a} = \dfrac{1}{\sigma A}\cdot\left(\dfrac{\partial\sigma}{\partial\alpha_1}x_1 + \dfrac{\partial\sigma}{\partial\alpha_2}x_2 + \dfrac{\partial\sigma}{\partial\alpha_3}x_3\right) \\ \mathfrak{b} = \dfrac{1}{\sigma B}\cdot\left(\dfrac{\partial\sigma}{\partial\beta_1}x_1 + \dfrac{\partial\sigma}{\partial\beta_2}x_2 + \dfrac{\partial\sigma}{\partial\beta_3}x_3\right) \\ \mathfrak{c} = \dfrac{1}{\sigma C}\cdot\left(\dfrac{\partial\sigma}{\partial\gamma_1}x_1 + \dfrac{\partial\sigma}{\partial\gamma_2}x_2 + \dfrac{\partial\sigma}{\partial\gamma_3}x_3\right) \end{array}\right\} \quad . \quad (12)$$

1) Der Einfachheit willen sehe ich die Werthe der Temperaturen θ, θ' als *gegeben* an, und nenne demgemäſs alle, von θ und θ' abhängende Gröſsen »*constant*«.

wo σ die Determinante

$$\sigma = \alpha_1(\beta_2\gamma_3 - \beta_3\gamma_2) + \alpha_2(\beta_3\gamma_1 - \beta_1\gamma_3) + \alpha_3(\beta_1\gamma_2 - \beta_2\gamma_1) \quad (12a)$$

vorstellt. Setzen wir sodann diese Werthe in (11) ein, so ergiebt sich:

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_1 &= L'_1 x_1 + L'_2 x_2 + L'_3 x_3 \\ \Delta x_2 &= L''_1 x_1 + L''_2 x_2 + L''_3 x_3 \\ \Delta x_3 &= L'''_1 x_1 + L'''_2 x_2 + L'''_3 x_3 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (13)$$

wo die Constanten L folgende Werthe besitzen:

$$L_i^{(\,)} = \frac{1}{\sigma}\left(\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_i}\frac{\Delta(A\alpha_i)}{A} + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_i}\frac{\Delta(B\beta_i)}{B} + \frac{\partial\sigma}{\partial\gamma_i}\frac{\Delta(C\gamma_i)}{C}\right) \quad . \quad . \quad (14)$$

Die Formeln (13), *welche wir hier als allgemeinen Ausdruck der durch die Temperaturveränderung im Krystall erzeugten Verschiebung gefunden haben,* sind vollständig analog mit den in §. 1 (1) behandelten. Aus dem in jenem §. aufgestelltem Satze (9) folgt daher sofort, dafs in dem Krystall drei Theilchenreihen existiren, welche, während der durch (13) dargestellten inneren Verschiebung des Krystalles, auf einander senkrecht bleiben d. h. welche sowohl zur Zeit der Temperatur θ als auch zur Zeit der Temperatur θ' gegen einander senkrecht stehen. Die Cosinus C_1, C_2, C_3 der Winkel, unter welchen diese Theilchenreihen — das sind die sogenannten *thermischen Axen* des Krystalles — gegen die Coordinatenaxen x_1, x_2, x_3 zur Zeit der Temperatur θ geneigt sind, findet man ebenfalls mit Hülfe des citirten Satzes (9). Diesem zufolge gelten nämlich für die Cosinus der eben genannten Richtungen und für die in denselben stattfindenden Dilatationen r folgende Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} 2(L'_1 - r)C_1 + (L''_1 + L'_2)C_2 + (L'''_1 + L'_3)C_3 &= 0 \\ (L'_2 + L''_1)C_1 + 2(L''_2 - r)C_2 + (L'''_2 + L''_3)C_3 &= 0 \\ (L'_3 + L'''_1)C_1 + (L''_3 + L'''_2)C_2 + 2(L'''_3 - r)C_3 &= 0 \\ C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 &= 1 \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

wo die Constanten L die in (14) angegebenen Werthe besitzen. Hat man vermittelst dieser Gleichungen die Cosinus C_1, C_2, C_3 berechnet, welche einer der thermischen Axen

entsprechen; so kann man dann, wie beiläufig bemerkt seyn mag, auch sofort die Neigungen dieser Axe — sie mag η genannt werden — gegen die Krystallrichtungen A, B, C ermitteln. Für die Werthe dieser Winkel zur Zeit der Temperatur θ ergeben sich nämlich augenblicklich folgende Formeln:

$$\left.\begin{array}{l} \cos(\eta,A) = \alpha_1 C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3 \\ \cos(\eta,B) = \beta_1 C_1 + \beta_2 C_2 + \beta_3 C_3 \\ \cos(\eta,C) = \gamma_1 C_1 + \gamma_2 C_2 + \gamma_3 C_3 \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad (16)$$

§. 3

Ueber die Ermittelung der thermischen Axen und der thermischen Hauptdilatationen durch Messung.

Handelt es sich nun darum bei irgend einem Krystall die thermischen Axen und die denselben entsprechenden Dilatationen durch Messung und Rechnung wirklich zu bestimmen, so sind folgende Operationen anzustellen: I) müssen die Werthe der Constanten A, B, C, α, β, γ zur Zeit der Temperatur θ, sowie die Aenderungen derselben beim Uebergange zur Temperatur θ', durch geeignete Messungen numerisch bestimmt werden; II) müssen die aus diesen Constanten und ihren Aenderungen zusammengesetzten Ausdrücke L (14) berechnet werden; III) endlich müssen die Gleichungen (15) gebildet, und aus diesen die numerischen Werthe von r, C_1, C_2, C_3 ermittelt werden.

Von Wichtigkeit ist es zu untersuchen, in wie weit das vorgesetzte Ziel erreicht werden kann, wenn man sich auf die Messung der *Winkel* des Krystalles beschränkt, hingegen Messungen der Kanten oder des Volumens ausschliefst.

Wenn in irgend einem unregelmäfsigem Tetraëder fünf Kantenwinkel gemessen sind, so läfst sich daraus der sechste Kantenwinkel berechnen. Ueberhaupt würde dann zur vollständigen Kenntnifs der Tetraëder-Gestalt nur noch die Messung einer linearen Dimension (z. B. die Messung einer Kante) erforderlich seyn. Wir wollen nun annehmen, dafs der zu untersuchende Krystall vier natürliche oder eben geschliffene Flächen besitzt, deren Richtungen sämmtlich ver-

schieden sind, und deren sechs Neigungswinkel sowohl zur Zeit der Temperatur θ als auch nach Eintritt der Temperatur θ' mit Sicherheit gemessen sind. Diese vier Flächen in ihrer Gesammtheit mögen mit dem Namen »Tetraëder« bezeichnet werden. Zu dem, in §. 2 mit O bezeichnetem, festen Punkt mag eine Ecke dieses Tetraëders, und zu den dort mit A, B, C bezeichneten Theilchenreihen mögen die von dieser Ecke O auslaufenden Kanten, ihrer Richtung und Länge nach, gewählt werden.

Auf Grund der eben vorausgesetzten Winkelmessungen wird man die Längenverhältnisse der Tetraëderkanten für jede der beiden Temperaturen θ und θ', mithin sowohl die Verhältnisse $A:B:C$ als auch die Verhältnisse $A+\Delta A:B+\Delta B:C+\Delta C$ berechnen können. Die auf diese Weise gewonnenen numerischen Werthe seyen dargestellt durch:

$$\frac{A}{C}=a, \qquad \frac{B}{C}=b \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (17)$$

$$\frac{A+\Delta A}{C+\Delta C}=a+\Delta a, \qquad \frac{B+\Delta B}{C+\Delta C}=b+\Delta b \quad . \quad (18)$$

Vernachlässigt man, wie hinfort stets geschehen soll, die zweiten Dimensionen der Veränderungen Δ, so ergiebt sich durch Subtraction von (17) und (18):

$$\frac{\Delta A}{A}-\frac{\Delta C}{C}=\frac{\Delta a}{a}, \qquad \frac{\Delta B}{B}-\frac{\Delta C}{C}=\frac{\Delta b}{b} \quad . \; . \quad (19)$$

wo also a, b, Δa, Δb *numerisch* bekannte Werthe vorstellen.

In Bezug auf das (in §. 2 eingeführte) von O auslaufende feste rechtwinklige Axensystem (x_1, x_2, x_3) können wir dem Krystall eine beliebige Lage geben. Der Einfachheit wegen wollen wir ihn so placirt denken, daſs die Kante C mit der Achse x_3 und die Ebene CA mit der Ebene x_3x_1 zusammenfällt. Auſserdem wollen wir annehmen, daſs, während der Temperaturveränderung des Krystalles, einerseits die Kante C die ihr soeben angewiesene Lage x_3 beibehält, andererseits die Kante A in der festen Ebene x_3x_1 zu bleiben gezwungen ist. Unter diesen Umständen wird man dann aus den Messungen, welche in

Bezug auf die Kantenwinkel unseres Tetraëders bei den Temperaturen θ und θ' angestellt sind, sofort die in §. 2 mit α_1, β_1, γ_1; α_2, β_2, γ_2; α_3, β_3, γ_3 bezeichneten neun Cosinus sowie die Aenderungen $\Delta\alpha_1$, $\Delta\beta_1$, ... $\Delta\gamma_3$ derselben *numerisch* bestimmen können.

Untersuchen wir nun, in wie weit, wenn die Ausführung dieser Berechnungen vorausgesetzt wird, die in (14) angegebenen Constanten L sich bestimmen lassen. Beachtet man, dafs mit Hülfe von (19)

$$\frac{\Delta(A\alpha_i)}{A} = \alpha_i \frac{\Delta A}{A} + \Delta\alpha_i = \alpha_i \frac{\Delta C}{C} + \Delta\alpha_i + \alpha_i \frac{\Delta a}{a}$$

$$\frac{\Delta(B\beta_i)}{B} = \beta_i \frac{\Delta B}{B} + \Delta\beta_i = \beta_i \frac{\Delta C}{C} + \Delta\beta_i + \beta_i \frac{\Delta b}{b}$$

$$\frac{\Delta(C\gamma_i)}{C} = \qquad\qquad = \gamma_i \frac{\Delta C}{C} + \Delta\gamma_i$$

wird, so erhält man aus (14) sofort:

$$L_k^{(i)} = \frac{\Delta C}{C} \frac{\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_k}\alpha_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_k}\beta_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\gamma_k}\gamma_i}{\sigma}$$

$$+ \frac{\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_k}\Delta\alpha_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_k}\Delta\beta_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\gamma_k}\Delta\gamma_i}{\sigma} + \frac{\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_k}\frac{\Delta a}{a}\alpha_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_k}\frac{\Delta b}{b}\beta_i}{\sigma}$$

Von den hier vorkommenden Gröfsen sind α_1, α_2, α_3; β_1, β_2, β_3; γ_1, γ_2, γ_3 und auch die Veränderungen derselben numerisch bekannt. σ ist nach (12a) aus den α, β, γ zusammengesetzt, also gleichfalls bekannt. Unbekannt ist daher nur der im ersten Terme vorkommende Factor $\frac{\Delta C}{C}$. Der mit $\frac{\Delta C}{C}$ multiplicirte Ausdruck

$$\frac{\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_k}\alpha_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_k}\beta_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\gamma_k}\gamma_i}{\sigma}$$

ist (nach einer bekannten Eigenschaft der Determinante σ) gleich Null, sobald k, i einander gleich sind. Bezeichnen wir daher die numerisch bekannte Summe der beiden letzten Terme im Ausdruck von $L_k^{(i)}$ mit $\Lambda_k^{(i)}$, so ist:

$$L_k^{(k)} = \frac{\Delta C}{C} + \Lambda_k^{(k)}$$

hingegen in dem Falle, dafs k, i verschieden sind:

$$L_k^{(i)} = \Delta_k^{(i)}$$

Denkt man sich diese Werthe der L in (15) substituirt, so ist die dadurch bewirkte Umgestaltung jener Gleichungen der Art, als wären gleichzeitig erstens die L mit den Δ und zweitens r mit $\left(r - \frac{\Delta C}{C}\right)$ vertauscht worden. Hält man diese Auffassung fest, und beachtet man aufserdem, dafs die Δ numerisch bekannt sind; so sieht man sofort: dafs die Gleichungen (15) eine kubische Gleichung für die Unbekannte $\left(r - \frac{\Delta C}{C}\right)$ geben werden, durch deren Auflösung für diese drei numerische Werthe resultiren; und dafs sodann die abermalige Benutzung der Gleichungen (15) drei numerische Werthsysteme für C_1, C_2, C_3 liefern wird. Hiermit sind wir zu folgendem Resultat gelangt:

»Man bezeichne die Richtung der Kante C mit x_3, eine gegen C senkrechte, in der Ebene CA liegende Richtung mit x_1, und die Normale der Ebene CA mit x_2«.

»Sind nun auf Grund der gemessenen Winkel die Cosinus α, β, γ sowie deren Aenderungen, und ferner die Werthe der Differenzen

$$\frac{\Delta A}{A} - \frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta a}{a}, \qquad \frac{\Delta B}{B} - \frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta b}{b}$$

numerisch bestimmt; sind ferner die aus diesen Gröfsen zusammengesetzten Werthe der

$$\Delta_k^{(i)} = \frac{\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_k}\Delta\alpha_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_k}\Delta\beta_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\gamma_k}\Delta\gamma^\kappa}{\sigma} + \frac{\frac{\partial\sigma}{\partial\alpha_k}\frac{\Delta a}{a}\alpha_i + \frac{\partial\sigma}{\partial\beta_k}\frac{\Delta b}{b}\beta_k}{\sigma}$$

numerisch berechnet: und sind darauf endlich die drei Werthsysteme der durch die Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} 2(\Delta'_1 - R)C_1 + (\Delta''_1 + \Delta'_2)C_2 + (\Delta'''_1 + \Delta'_3)C_3 = 0 \\ (\Delta'_2 + \Delta''_1)C_1 + 2(\Delta''_2 - R)C_2 + (\Delta'''_2 + \Delta''_3)C_3 = 0 \\ (\Delta'_3 + \Delta'''_1)C_1 + (\Delta''_3 + \Delta'''_2)C_2 + 2(\Delta'''_3 - R)C_3 = 0 \\ C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 = 1 \end{array}\right\} (20)$$

definirten Gröfsen R, C_1; C_2, C_3 numerisch gefunden: so

repräsentirt jedes der drei Werthsysteme von C_1, C_2, C_3 *die Cosinus der Winkel, unter welchen eine der drei thermischen Axen des Krystalles zur Zeit der Temperatur* θ *gegen die anfangsgenannten Richtungen* x_1, x_2, x_3 *geneigt ist«.*

Gleichzeigtig liefern die aus (20) für R erhaltenen drei numerischen Werthe R', R'', R''', in Bezug auf die, in den Richtungen der thermischen Axen stattfindenden, Dilatationen r', r'', r''', folgende Bestimmungen:

$$r' - \frac{\Delta C}{C} = R', \quad r'' - \frac{\Delta C}{C} = R'', \quad r''' - \frac{\Delta C}{C} = R''' \quad . \quad . \quad (21)$$

wo jedoch $\frac{\Delta C}{C}$ unbekannt ist, und durch *Winkel*messungen überhaupt nicht ermittelt werden kann.

Nimmt man aber an, dafs aufser den angegebenen Winkeln auch noch die *räumliche Dilatation* $\frac{\Delta V}{V}$ des Krystalles gemessen ist, so tritt in Bezug auf die Unbekannten r', r'', r''' zu den Gleichungen (21) noch folgende neue Angabe hinzu:

$$r' + r'' + r''' = \frac{\Delta V}{V} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

Aus (21) *und* (22) *erhält man alsdann durch Elimination von* $\frac{\Delta C}{C}$ *sofort die numerischen Werthe der thermischen Hauptdilatationen* r', r'', r'''. Anstatt $\frac{\Delta V}{V}$ durch Messungen des Volumens zu bestimmen, könnte man übrigens auch den Werth von $\frac{\Delta C}{C}$ durch Messung der linearen Dimensionen ermitteln. Im letztern Fall würden dann die Unbekannten r', r'', r''' direct aus den Gleichungen (21) erhalten werden, sobald man darin den für $\frac{\Delta C}{C}$ gefundenen Werth substituirt hat.

Die eben durchgeführte Untersuchung zeigt, wie schliefslich bemerkt werden mag, dafs zur Bestimmung der thermischen Axen bei einem *ein- und eingliedrigen* Krystall die sechs Neigungswinkel von irgend vier nicht parallelen Flächen für zwei verschiedene Temperaturen bekannt, also

mindestens *fünf Winkel* bei beiden Temperaturen gemessen seyn müssen; während bekanntlich bei den *zwei- und eingliedrigen* Krystallen zu demselben Zweck bereits die Messung von *zwei Winkeln* ausreichend ist.

Halle, Mai 1861.

VII. *Newton's Ringe durchs Prisma betrachtet; von F. Place.*

Betrachtet man ein System Newton'scher Ringe durch ein Glasprisma, so erscheint das erstere in höchst merkwürdiger Weise verändert. Diejenige Seite der Ringe, die im Sinne der Verschiebung dem Centrum *nachfolgte*, ist fast spurlos verschwunden, während die *vorangehende* Seite statt der bisher sichtbaren 4 bis 8 farbigen Ringe nunmehr eine unzählbare Menge weifser und schwarzer Bogen zeigt, und somit an den Anblick der Ringe im homogenen Lichte erinnert.

Die Erklärung liegt nahe genug. Dafs wir die Ringe ohne Prisma *farbig* sehen, hat ja bekanntlich seinen Grund darin, dafs die zusammengehörenden Ringe (also z. B. der n^{te} rothe und der n^{te} blaue) wegen der ungleichen Wellenlänge ihrer Farben auch verschiedene Radien haben, so dafs der n^{te} rothe den n^{ten} blauen concentrisch umgiebt. Weil aber durch das Prisma die blauen Strahlen stärker abgelenkt werden, als die rothen, so erblickt man auch die beiden genannten Ringe ungleich stark zur Seite verschoben, und man begreift leicht, dafs bei einem gewissen Verhältnisse zwischen dem brechenden Winkel des Prisma, dessen zerstreuender Kraft, seiner Distanz vom Ringsystem und der Breite der Farbenringe der Fall eintreten mufs, dafs der blaue Ring den rothen von innen berührt, in welchem Falle alsdann diese beiden — sowie die den dazwischenliegenden

Farben zukommenden — Ringe an diesem Orte zusammenfallen, sodafs diese Stelle der Ringe nicht mehr *farbig*, sondern *weifs* erscheint.

Auf diesem, somit wohl genügend angedeuteten, Wege findet man alsbald den Grund sowohl für die schwarzweifsen Bogen, als auch für das Verschwinden der Ringe auf der entgegengesetzten Seite.

Natürlich gelingt der Versuch nur sehr unvollkommen mit Ringsystemen, die man dadurch erhält, dafs man ein Planglas und ein Convexglas zusammenprefst, selbst wenn das Convexglas einen Krümmungsradius von mehreren Metern hat; der bekannte Kunstgriff, ein Convexglas in ein Concavglas von sehr wenig schwächerer Krümmung zu drücken, führt schon zu weit besseren Erfolgen. Am allerschönsten zeigt sich aber die besprochene Erscheinung bei Anwendung zweier ebener Spiegelglasplatten, die man sauber reinigt und so zusammenprefst, dafs zwischen ihnen nicht *Ringe* sondern Farben-*Streifen* entstehen, ähnlich den sogenannten »Jahren« eines Holzbrettes. Betrachtet man ein solches System durch ein Prisma, indem man von den Platten das Licht einer weifsen Wolke reflectiren läfst und die brechende Kante des Prisma den Farbenstreifen parallel hält, so wird man leicht die richtige Distanz finden, in der man das Beschriebene erblickt.

Sollte Jemand bei Anstellung dieser Versuche darin eine Schwierigkeit finden, dafs der beobachtete Abstand der Streifen keineswegs mit der Verschiebungsgröfse übereinstimmt, die man aus der Prismendistanz und dem Ablenkungswinkel berechnet, so möge er bedenken, dafs ja diese beiden Gröfsen — der *Abstand* und die *Breite* der Streifen — gar nichts mit einander zu schaffen haben [1]). Was endlich den weit wunderbareren Umstand betrifft, dafs so sehr viele

1) Die Entfernung des n^{ten} rothen Streifen vom $(n+1)^{ten}$ rothen Streifen ist ihr *Abstand*; die Entfernung des n^{ten} rothen vom n^{ten} blauen Streifen ist die *Breite* des n^{ten} Streifen. Beim regelmäfsigen Newton'schen *Ring*system nimmt der *Abstand* vom Centrum aus *ab*, die *Breite* aber *zu*; bei unregelmäfsigen Farben*streifen* findet hingegen zwischen Abstand und Breite durchaus keinerlei Beziehung mehr statt.

(Hunderte) Streifen hervortreten, da doch ihre Breite ziemlich verschieden seyn wird, so findet derselbe darin seine Erklärung, dafs es zur Hervorbringung der in Rede stehenden Erscheinung schon genügt, wenn nur die intensivsten Farben zusammenfallen. Auch kann es wohl von Einflufs seyn, dafs nicht mehrere Streifen gleichzeitig das Minimum der Ablenkung erleiden können, dafs also eine geringe Drehung des Prisma stets ausreicht, den breiteren Streifen auch eine stärkere Ablenkung zukommen zu lassen.

Als Beleg für das Gesagte theile ich noch ein Paar Versuche mit, bei denen ich ein zwischen zwei zusammengedrückten Spiegelplatten befindliches Streifensystem durch drei Prismen betrachtete; zwei derselben waren von Kronglas und hatten brechende Winkel von 30° und 45°; das dritte bestand aus Flintglas, sein brechender Winkel betrug 60°.

	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*d*	*e*
Kr.	30°	1628″	127	1180	388	9,3	3,1
Kr.	45	2732	76	720	225	9,5	3,0
Fl.	60	9236	22	190	68	9,0	3,1

Dabei findet sich unter *A* die Bezeichnung des Prisma, und unter *B* für dasselbe den in Bogensekunden ausgedrückten Abstand der Fraunhofer'schen Linien *C* und *G* beim Minimum der Ablenkung. *C* erhält man durch Division von *B* in den Radius (206265″); diese Columne giebt also an, den wievielten Theil der jedesmaligen Prismendistanz die Spectral-Breite beträgt. *D* giebt in Millimetern die Prismendistanz von den Glasplatten für den Fall an, dafs die Erscheinung im Minimum der Ablenkung möglichst vollkommen war. *E* giebt dasselbe für ein anderes Streifensystem. Endlich giebt *d* den Quotient von *D* durch *C*, so wie *e* den Quotient von *E* durch C; beide sind soweit Constanten, wie diefs bei solchen Versuchen überhaupt möglichst ist, und zwar geben sie für die resp. Streifensysteme die Streifenbreite in Millimetern an.

VIII. *Ueber die Bestimmung des Kohlenstoffs im Eisen; von W. Weyl.*

Es bietet bei der Analyse des Roheisens und des Stahles eine wesentliche Schwierigkeit, die Bestimmung des Kohlenstoffs, der theilweise zwar bei der Lösung des Eisens in Säuren als solcher zurückbleibt, ein anderer Theil jedoch tritt gleichzeitig an den sich entwickelnden Wasserstoff, mit ihm gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoff bildend, deren Bestimmung in einfacher Weise nicht wohl sich ausführen läfst. Eine weitere Fehlerquelle, welche die Resultate solcher Analysen unsicher macht und deren Ausführung sehr erschwert, liegt in dem Verfahren, zu welchem man genöthigt ist, das zur Analyse dienende Material durch Zerkleinerung zur Lösung oder zur Verbrennung vorzubereiten, denn möge das Zerkleinern im Mörser oder gar durch die Feile vorgenommen werden, stets gehen fremde nicht näher zu bestimmende Quantitäten von Eisen mit in das zu untersuchende ein. Um diesen Mifsständen zu entgehen wurde es versucht das Eisen auf galvanischem Wege in Lösung zu bringen, wodurch einmal das Zerkleinern desselben umgangen wird und dann auch der Verlust von Kohlenstoff in Form von Kohlenwasserstoff vermieden ist. Es wird diefs erreicht, indem man das zu analysirende Eisenstück als positive Elektrode in verdünnte Salzsäure eintauchen läfst, wodurch man das Eisen unter Zurücklassung des Kohlenstoffs und ohne dafs von ihm aus Gas sich entwickelte, als Chlorür sich löst, während der Wasserstoff von der gegenüberstehenden negativen Elektrode aus entweicht. Da Eisen jedoch unter dem Einflusse seines starken galvanischen Stromes leicht passiv wird und in diesem Falle von ihm aus Chlor sich entwickelt, welches oxydirend auf die schon ausgeschiedene Kohle wirkt, zudem mit ihr direkt noch eine Verbindung eingeht, welche durch den galvanischen Strom analog der Salzsäure sich zerlegt und

Kohlenstoff an dem negativen Pole abscheidet wie diese Wasserstoffe, so tritt in beiden Fällen Verlust an Kohlenstoff ein und zwar im ersten in Form von Kohlenoxyd oder Kohlensäure, und im zweiten als Kohlenwasserstoff, der sich bilden konnte aus dem an der negativen Elektrode gleichzeitig sich ausscheidenden Kohlenstoff und Wasserstoff, und leicht durch den sofort auftretenden charakteristischen Geruch zu erkennen ist. Die hier hervorgehobenen Fehlerquellen jedoch lassen sich leicht und sicher umgehen, wenn man die Stärke des Stroms so regulirt und zwar durch gegenseitige Entfernung der Elektroden von einander, dafs nur Eisenchlorür wie Chlorid sich bilden kann; die Bildung desselben erkennt man sofort an der gelblichen Färbung der von dem Eisenstück herabsinkenden Fäden von concentrirter Eisenlösung. Es tritt daher, wenn der Strom zu dessen Erzeugung ein Bunsen'sches Element genügt nicht zu stark ist, eine Passivität des Eisens nie ein, und geht die Lösung desselben als Chlorür unter Zurücklassung der Kohle als Pseudomorphose ungestört von statten. Das zu lösende Eisenstück ward bei diesen Versuchen durch eine mit Platinspitzen versehene Pincette, in welche der positive Poldraht endete, gehalten, und tauchte nur so weit in die Säure ein, dafs die Berührungsstellen zwischen Pincette und Eisen nicht von derselben benetzt wurden, weil sonst, wenn diefs stattfände, durch die zwischen den Platinspitzen und dem Eisen ausgeschiedene Kohle sehr bald der ganze Lösungsprocefs gestört würde. Das zwischen den Platinspitzen bis zur Oberfläche der Säure unverändert zurückgebliebene Eisenstückchen wurde nach vollständiger Lösung des übrigen in die Säure eintauchenden Theiles von der ihm anhängenden Kohle getrennt und zurückgewogen. Die ausgeschiedene Kohle selbst wurde auf einem Asbestfilter gesammelt, in einem Luftstrom getrocknet, mit Kupferoxyd gemengt und unter schliefslichem Ueberleiten von Sauerstoff nach Art der oganischen Elementaranalyse zu Kohlensäure verbrannt und als solche gewogen.

Zur Prüfung der Zuverlässigkeit der hier angegebenen

Methode wurden mehrere Analysen eines und desselben Spiegeleisens in verschiedener Weise ausgeführt, deren Resultate hier folgen.

Zunächst wurde der Kohlenstoffgehalt ermittelt in einem Spiegeleisen wie es im Siegenschen zur Rohstahlerzeugung dient und zwar in der gewöhnlichen Weise durch Verbrennung des gepulverten Eisens.

Zum ersten Versuche wurden 3,556 Grm. dieses Spiegeleisens auf einem Platinschiffchen im Sauerstoffstrome verbrannt und zwar bei einer Temperatur, bei welcher das entstandene Eisenoxyduloxyd schmolz. Der zweite Versuch wurde mit 1,761 Grm. desselben Eisens gemacht, jedoch mit Kupferoxyd gemengt im Sauerstoffstrome verbrannt und zwar bei der Schmelzhitze des Kupferoxydes. Zum dritten in gleicher Weise ausgeführten Versuche dienten 2,543 Grm. dieses Eisens.

Als Resultat des Versuches I wurde erhalten Kohlenstoff	4,17 Proc.
Das Resultat des Versuches II ergab . . .	4,20 »
» » » » III »	4,00 »
Dasselbe Eisen auf elektrolytischem Wege gelöst, wozu 4,067 Grm. dienten, ergab Kohlenstoff	4,00 »
Eine zweite Probe, zu welcher 4,810 Grm. verwandt wurden, ergab Kohlenstoff	4,05 »
Eine andere Sorte Spiegeleisen, ebenfalls aus dem Siegenschen, ergab in einer Menge von 2,560 Grm. mit Kupferoxyd und Sauerstoff verbrannt an Kohlenstoff	4,17 Proc.
6,128 Grm. desselben Eisens, elektrolytisch gelöst führten zu einem Kohlenstoffgehalt von	4,21 »

Schliefslich diente zur Controle noch ein drittes Spiegeleisen von » Mägdesprung «, welches mein Lehrer Hr. Prof. Rammelsberg die Güte hatte mir zu übergeben; es war bereits von ihm und Bromeis analysirt, und fand darin Bromeis 3,82 Proc. Kohlenstoff,

Rammelsberg durch die Berzelius'sche Methode, bestehend in der Lösung des Eisens durch CuCl . . . . 3,78 Pro. C.
und durch Verbrennung . . . . 3,82 » »
Elektrolytisch gelöst ergaben 8,43 Grm. dieses Eisens . . . . 3,90 » »
Eine zweite Probe von 11,1145 Grm. auf gleiche Weise behandelt ergaben . . . . . . 3,84 » »

Es wurde zu diesen Control-Versuchen Spiegeleisen gewählt, weil es die einzige Eisensorte ist, welche sich noch ziemlich leicht pulvern läfst, was bei anderm Roheisen oder Stahl gar nicht auszuführen ist. Schliefslich sey noch in Bezug auf die Zeit, welche die Lösung des Eisens bei der angewandten Stromstärke erfordert, bemerkt, dafs ein Stück von etwa 8 Grm. nach 24 Stunden gelöst ist. Es bleibt hierbei die Kohle nie rein zurück, sondern stets mit einer noch beträchtlichen Menge von Eisen verbunden, wie es nach der Verbrennung der Kohle im Platinschiffchen an dem zurückbleibenden Eisenoxyd zu erkennen ist. Dieser Umstand deutet darauf hin, dafs im Spiegeleisen der Kohlenstoff zu dessen ganzer Masse nicht in der gleichen Beziehung steht, da die bei der elektrolytischen Lösung des Spiegeleisens zurückbleidende Verbindung von Kohlenstoff mit Eisen doch wesentlich sich anders verhält als das ursprüngliche Spiegeleisen selbst, in sofern sie nicht wie dieses durch denselben Strom zersetzt wird. Uebrigens zeigt diese kohlige Masse im Innern eine deutlich erkennbare Structur, die jedoch mit der Beschaffenheit des Spiegeleisens wechselt. War der zur Elektrolyse angewandte Strom sehr schwach, so erhält sich zuweilen selbst der metallische Glanz des Spiegeleisens auf der Oberfläche der zurückbleibenden Verbindungen.

Berlin den 2. November 1861.

IX. *Ueber Lithion und Fluorkalium als Bedingungen zur Fruchtbildung der Gerste; vom Fürsten Salm-Horstmar.*

(Fortsetzung.)

Ich habe durch folgende neue Vegetationsversuche die Fragen, welche mein Bericht in diesen Annalen Bd. 111, S. 642

noch unentschieden liefs, zu entscheiden versucht und es scheint hiernach nicht mehr zweifelhaft zu seyn, dafs sowohl *Lithion* als auch *Fluorkalium* zur Fruchtbildung der *Sommergerste* specifisch *nothwendig* sind. Der Kürze halber werde ich das S. 642 bis 644 angegebene Schema der Bodenmischung nicht wiederholen, sondern in jedem Versuch angeben, *wie jenes Schema verändert wurde.* Der Standort war derselbe, so wie die Gefäfse von Wachs.

A. Versuch *ohne* Lithion.

Es wurde hier das salpetersaure Lithion weggelassen, aber *das Fluorkalium sogleich* zugesetzt *bevor* das Gerstenkorn eingelegt wurde, und zwar $\frac{1}{100}$ Milligrm, indem 1 Milligrm. Fluorkalium in 100 Tropfen destillirten Wassers gelöst und (nach tüchtigem Umschütteln) davon *ein Tropfen* zugesetzt wurde, nachdem er mit den 15 Grm. destillirten Wasser vermischt war, welches die übrigen leichtlöslichen Salze des Schema's enthielt, mit Ausschlufs des Lithions.

Das Resultat war, dafs die Pflanze sich normal aus dem Korn entwickelte, dafs der Halm eine ziemlich lange Achre mit Grannen trug

aber *keine Frucht.*

Anstatt Frucht zu bilden, erschien am ersten und zweiten Halmknoten ein schwacher *Nebentrieb, sobald die Aehre gebildet* war, worauf die Pflanze langsam abstarb ohne Frucht.

B. Versuch *ohne* Fluorkalium.

Es wurde $\frac{1}{100}$ Milligrm. *salpetersaures Lithion* im oben bezeichneten Schema beibehalten *ohne* Fluorkalium. Das Resultat war sehr auffallend. Das Gerstenkorn trieb die beiden ersten Blätter ganz normal, das *dritte Blatt* aber *blieb fadenförmig,* ohne sich zu entfalten, und nachdem es an der Spitze abgestorben und die Spitze des ersten und zweiten Blattes schon gelb geworden war, bildete sich ein kaum 3 Linien langer *Nebentrieb* seitwärts *aus dem Wurzelstock* und neben diesem erschienen zwei noch kürzere Nebentriebchen und nun starb die Pflanze ab, *ohne* Halm, *ohne* Frucht, obgleich *kein* Fehler beim Begiefsen vorgefallen war.

Es fehlte hier also dem Lithion *ein nothwendiger Gehülfe,* nämlich das Fluorkalium.

C. Versuch *ohne Barytsalz, ohne Bleisalz, ohne Kupfersalz*

Das Schema der Bodenmischung des Versuches von S. 642 war also hier um drei Basen *ärmer*, und $\frac{1}{100}$ Milligrm. salpetersaures Lithion und $\frac{1}{100}$ Milligrm. Fluorkalium enthielt die Bodenmischung vor dem Einlegen des Gerstenkornes.

Das Resultat dieses Versuches war eine normale Bildung der Blätter und des Halmes, die Aehre war weit kürzer als die vom Versuch *A*, so daſs ihr Ansehn Frucht zu tragen versprach, sie brachte aber — *keine* vollständige Frucht.

Es zeigte sich die Erscheinung von Nebentrieben aber doch *nicht*, und dieses Ausbleiben eines wesentlichen Merkmals der Pflanze des Versuches *A* scheint anzuzeigen, daſs *der Anfang* der Fructification bei *C* stattfand, daſs also das normale Fortschreiten der Fructification noch einen *andern Stoff verlangt*, der diesem Boden fehlte. Baryt wird daher wahrscheinlich dieser Stoff seyn, weshalb ich mir aber die Frage zwischen Baryt, Blei und Kupfer zu entscheiden noch vorbehalte.

Vergleichen wir nun diese vier Versuche, nämlich den Hauptversuch in Bd. CXI, S. 642 mitgerechnet, so erscheinen die Versuche *A* und *B*, welche die Nothwendigkeit des *Lithions* und des *Fluorkaliums* zur Fruchtbildung der Gerste beweisen dürften, auch noch deshalb interessant, weil das *Lithion* sich in dem Versuch *B* als *höchst nachtheilig* erwiesen hat, *wenn* ihm Fluorkalium als Gehülfe fehlt, obgleich es sich hier nur um die merkwürdig kleine Menge von *einem hundertsten Theil eines Milligrammes* handelt.

Wie weit das Lithion und das Fluorkalium aber auf der festen Oberfläche aller Welttheile verbreitet seyn muſs, das beantwortet hiernach die Gerste.

Die Gründe, welche gegen die Zufälligkeit dieser Versuchsresultate sprechen, habe ich im Bd. CXI dieser Annalen S. 644 angeführt, weshalb ich hier noch darauf hinweisen muſs.

Den 20. September 1861.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

1861. ANNALEN №. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXIV.

I. *Neue Methode, das Wärmeleitungsvermögen der Körper zu bestimmen; von A. J. Ångstrom.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus der *Oefversigt af K. Vet. Acad. Förhandl.* 1861.)

§. 1.

Zu den Eigenschaften der Materie, welche Gegenstand fortgesetzter Untersuchungen waren, gehört ohne Zweifel das Wärmeleitungsvermögen der Metalle; allein unsere Kenntnifs von diesem wichtigen Element ist noch lange nicht so genau oder vollständig als man zu fordern berechtigt ist. Folgender Beitrag dürfte daher nicht ohne Interesse seyn.

Die bisher zur Bestimmung des Leitungsvermögens angewandten Methoden sind besonders zwei. Entweder hat man, ausgehend von der Formel

$$k\frac{u-u'}{\Delta x}=Q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

die Wärme zu bestimmen gesucht, welche eine Metallwand von der Dicke Δx durchströmt, wenn deren beide Oberflächen die Temperaturen u und u' besitzen. Oder man hat die Ausbreitung der Wärme in einem Metallstabe von constanter Temperatur beobachtet und dabei der Berechnung die zuerst von Biot aufgestellte Differentialformel

$$\frac{d^2 u}{d x^2}-\frac{h p}{k w}u=o \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

zum Grunde gelegt, worin, wie überall in dem Folgenden, u die Temperatur eines gegebenen Punkts des Stabes, h das Strahlungsvermögen der Oberfläche, k das Leitungsvermögen, p den Perimeter des Stabes und w dessen Querschnitt bedeutet.

Die erste Methode scheint keine grofse Genauigkeit zu gewähren und ist auch in theoretischer Hinsicht nicht einwurfsfrei. Hält man nämlich die beiden Oberflächen durch ihren Contact mit Wasser oder Dampf auf eine gegebene Temperatur, so modificirt man dadurch das Leitungsvermögen der Metallwand oder richtiger den Werth von Q bis zu dem Grade, dafs, wie Péclet gefunden, der Unterschied zwischen verschiedenen Metallen ganz und gar verschwindet im Verhältnifs zu dem geringen Leitungsvermögen, welches das Wasser besitzt. Diesem Fehler hat Péclet dadurch zuvor zu kommen gesucht, dafs er mittelst eines besonderen Apparats die mit beiden Oberflächen in Contact stehende Wasserschicht bis 1600 Mal in der Minute erneute. Dadurch mufste diese Fehlerquelle ohne Zweifel verringert werden, ohne dafs man jedoch sagen kann, sie wäre ganz und gar vernichtet. Ueberdiefs scheint mir ein rotirender Apparat, der die Oberflächen mit so grofser Schnelligkeit reibt, selber Wärme erregen, und folglich das Phänomen, welches man eigentlich untersuchen will, compliciren oder auslöschen zu können. Die Resultate, zu welchen verschiedene Experimentatoren durch die Formel (1) gelangt sind, stimmen auch bei weitem nicht überein.

Nimmt man nämlich zur Einheit die Wärmemenge, welche ein Kilogramm Wasser um 1° C. erwärmt, so geht während einer Sekunde durch eine Kupferscheibe von 1 Quadratmeter Oberfläche, 1 Millimeter Dicke und 1° Temperaturunterschied zwischen beiden Flächen

nach Clement	0,231
» Thomas und Laurent . . .	1,22
» Péclet beim Reiben der Flächen	19,11

Der letzte Werth, so bedeutend er auch die beiden ersten übersteigt, ist dennoch, wie aus dem Folgenden erhellen wird, noch bedeutend zu klein.

Nach der letzteren Methode, welche sich auf Anwendung der Formel (2) gründet, ist man so zu Werke gegangen, dafs man sich Stäbe von dem zu untersuchenden Stoff verschafft, sie an einem Ende erhitzt, bis daselbst die Temperatur stabil geworden ist, und nun die Temperatur des

Stabes an verschiedenen Punkten untersucht, entweder durch eingesenkte Thermometer oder durch Anlegung eines thermoelektrischen Elements. Die Methode gewährt eine gröfsere Genauigkeit als die vorhergehende, ist aber mit einem grofsen Mangel behaftet, darin bestehend, dafs sie den Werth des Leitungsvermögens *k* nicht gesondert angiebt, sondern blofs das Verhältnifs zwischen *h* und *k*, wodurch der Werth der letzteren Gröfse ausgedrückt wird in einem Maafs, nämlich der Strahlung aus der Oberfläche, welches man nicht kennt. Dazu kommt, dafs der Werth von *h* veränderlich ist, und nicht blofs von dem Unterschied mit der Temperatur des Raumes, sondern auch von der absoluten Temperatur des Stabes abhängt, wie Dulong und Petit's Untersuchung über die Erkaltungsgesetze gezeigt haben; man sieht also leicht ein, dafs man auf diesem Wege nur relative Werthe von dem Leitungsvermögen der verschiedenen Körper erhalten kann, und auch diefs nur unter der Voraussetzung, dafs die Stäbe denselben Flächenüberzug behalten und die Beobachtungen zwischen denselben Temperaturgränzen gemacht seyen. Hauptsächlich durch Beachtung dieser beiden Umstände haben Wiedemann und Franz bei ihrer verdienstvollen Untersuchung übereinstimmende Resultate erhalten.

Aufser den beiden eben angeführten Methoden hat man auch andere, so zu sagen gemischte angewandt, wie die von Tyndall für das Leitungsvermögen verschiedener Holzarten, oder die von Clavert und Johnson für Metalllegirungen gebrauchte. Zu diesen Versuchen wurden kurze Stäbe von den zu untersuchenden Stoffen benutzt. Man erhitzte sie an einem Ende und beobachtete die Wärme, welche sie während einer gewissen Zeit einer das andere Ende umgebenden Masse Quecksilber oder Waser mittheilten. Da hier, wie schon rücksichtlich der ersten Methode bemerkt worden, die specifische Wärme der Stäbe und die Wärmeleitung aus den Seitenflächen auf die erhaltenen Resultate einwirken mufsten, so können diese nicht in einem einfachen Verhältnisse zu dem Leitungsvermögen stehen.

§. 2.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich also für die Bestimmung des Werthes von k das Bedürfnifs einer Methode, durch welche dieses ausgedrückt in bekannten Gröfsen oder wenigstens in solchen erhalten wird, die sich leichter bestimmen lassen als die Strahlung aus der Oberfläche. Eine solche Methode glaube ich gefunden zu haben unter Anwendung einer allgemeinen Formel für die Fortpflanzung der Wärme in einem Stabe von parallelepipedischer Form, nämlich der:

$$\frac{du}{dt} = K\frac{d^2u}{dx^2} - Hu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

wo

$$K = \frac{k}{c\delta} \text{ und } H = \frac{hp}{c\delta w}$$

und c die specifische Wärme des Stabes und δ dessen Dichtigkeit bezeichnet.

Nimmt man einen Metallstab von hinreichender Länge, so dafs man bei Bestimmung des Gesetzes der Wärmefortpflanzung in demselben nicht auf dessen Endflächen zu sehen braucht, und *erhitzt oder erkältet ihn während bestimmter Zwischenzeiten*, so müssen die periodischen Temperaturänderungen desselben sich längs dem ganzen Stabe fortpflanzen, und dabei müssen in Folge der Strahlung aus der Oberfläche nicht blofs die Amplituden abnehmen, sondern auch die Maxima und Minima später in gröfseren Abstand von den Erhitzungspunkten eintreten. Denkt man sich nun diese periodischen Erhitzungen und Abkühlungen hinreichend lange fortgesetzt, so dafs sich die Perioden vollkommen ausbilden können, wobei auch die Mitteltemperatur eines gegebenen Punkts des Stabes einen constanten Werth erhält, so läfst sich der Gleichung (3) genügen durch die Annahme:

$$\begin{aligned} u = me^{-\sqrt{\frac{H}{K}}x} &+ ae^{-gx}\sin\left(\frac{2\pi t}{T} - g'x + \beta\right) \\ &+ be^{-g\sqrt{2x}}\sin\left(\frac{4\pi t}{T} - g'\sqrt{2x} + \beta'\right) \\ &+ ce^{-g\sqrt{3x}}\sin\left(\frac{6\pi t}{T} - g'\sqrt{3x} + \beta''\right) \quad . \quad (4) \end{aligned}$$

worin

$$g = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2 T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} + \frac{H}{2K}}$$

$$g' = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2 T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} - \frac{H}{2K}}$$

und T die Länge der Periode bezeichnet.

Um die Anwendung der Formel (4) zu zeigen, sey $T = 24'$ und angenommen, der Stab werde während der einen Hälfte dieser Zeit erhitzt und während der anderen abgekühlt, und es werde damit so lange fortgefahren, dafs die Veränderungen regelmäfsig werden. Beobachtet man nun während einer oder mehrer Perioden für *jede Minute* die Temperatur des Stabes an einem bestimmten Punkt, für welchen man $x = 0$ annehmen kann, so müssen diese Beobachtungen, berechnet nach der Methode der kleinsten Quadrate, sich ausdrücken lassen durch folgende Formel:

$$u_n = m_1 + A_1 \sin(15^\circ n + \beta) + B_1 \sin(30^\circ n + \beta') + C_1 \sin(45^\circ n + \beta'') + \quad (5)$$

Für einen analogen Punkt des Stabes, entsprechend $x = 1$, erhält man eine ganz analoge Formel:

$$u_n = m_2 + A_2 \sin(15^\circ n + \beta_1) + B_2 \sin(30^\circ n + \beta'_1) + C_2 \sin(45^\circ n + \beta''_1) + \quad (6)$$

Die Constanten m_2, A_2, β_1 u. s. w. haben andere Werthe als in der Formel (5), stehen aber zu den Constanten dieser Formeln in einem bestimmten Verhältnisse ausgedrückt durch die Formel (4).

Man hat also:

$$\frac{A_1}{A_2} = e^{gl} = f \text{ und } \beta - \beta' = g'l$$

und wenn man $gl = \alpha$ und $g'l = \alpha'$ setzt:

$$\alpha\alpha' = gg'l^2 = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2 T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} + \frac{H^2}{2K}} \times \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2 T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} - \frac{H^2}{2K}}\, l^2,$$

das heifst

$$\alpha\alpha' = \frac{\pi l^2}{KT} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

ein durch seine Einfachheit merkwürdiges Resultat.

Substituirt man in der Formel (7) den Werth der Gröfse K, so erhält man endlich das Leitungsvermögen

$$k = c\delta \cdot \frac{\pi l^2}{\alpha\alpha' T} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

Man sieht demnach dafs H ganz und gar aus dem Ausdruck für $\alpha\alpha'$ verschwindet, so dafs der Werth von k erhalten wird, ausgedrückt in der specifischen Wärme des Körpers, bezogen auf die Volumseinheit und unabhängig von den mannigfachen Veränderungen, welchen das Strahlungsvermögen unterworfen ist.

Da nun die specifische Wärme eins der Elemente ist, welches man am genauesten kennt und welches sich mit der gröfsten Genauigkeit bestimmen läfst, so ist dadurch die Möglichkeit gegeben, einen absoluten Werth von k zu erhalten.

Die Coëfficienten B_1, B_2, β'_1, β'_2, u. s. w. lassen sich auch, um den Werth von k zu erhalten, auf dieselbe Weise behandeln; allein der Werth, den man aus ihnen erhält, mufs, aus leicht erklärlichen Ursachen, weniger zuverlässig seyn.

Durch Veränderung der Länge der Perioden kann die Richtigkeit der erhaltenen Werthe von k controlirt werden; man würde auch, wenn α für zwei verschiedene Perioden T_1 und T_n bekannt wäre, k erhalten können, ohne die Winkelargumente α' nöthig zu haben.

Setzt man nämlich $T_n = n T_1$, so erhält man die beiden Gleichungen:

$$\alpha_{\prime}^4 - \alpha_{\prime}^2 l^2 \frac{H}{K} = \frac{\pi^2 l^4}{K^2 T_{\prime}^2}$$

$$\alpha_{\prime\prime}^4 - \alpha_{\prime\prime}^2 l^2 \frac{H}{K} = \frac{\pi^2 l^4}{K^2 T_{\prime\prime}^2}$$

welche, wenn die beiden H enthaltenden Glieder eliminirt werden, geben

$$k = c\delta \frac{\pi l^2}{T_{\prime} \alpha_{\prime\prime} \alpha_{\prime}} \sqrt{\frac{n^2 \alpha_{\prime\prime}^2 - \alpha_{\prime}^2}{n^2 (\alpha_{\prime}^2 - \alpha_{\prime\prime}^2)}} \quad \ldots \ldots \quad (9)$$

Indefs ist diese Formel, zur Bestimmung von k, viel weniger vortheilhaft als die vorhergehende (8).

§. 3.

Die Brauchbarkeit einer Methode zeigt sich am besten durch ihre Anwendung. Ich gebe deshalb einen kurzen Bericht von einigen Versuchen, welche über die Wärmeleitung in Kupfer und Eisen angestellt wurden.

Zur Bestimmung der Temperatur habe ich vorgezogen, Thermometer anzuwenden, aber von möglichst kleinen Dimensionen, eingesenkt in die Stäbe selbst. Die Temperatur des Stabes an der Oberfläche selbst durch ein thermo-elektrisches Element zu bestimmen, wie Langberg und später Wiedemann und Franz gethan, kann schwerlich anders als dann in Betracht kommen, wenn die Stäbe sehr dünn sind, was aber für die Anwendung der Methode nicht vortheilhaft ist. Ueberdiefs entstehen beim Uebergang der Wärme vom Stabe zu dem thermo-elektrischen Element Unregelmäfsigkeiten in der Fortpflanzung der Wärme, die denen, welche durch die in dem Stabe angebrachten Höhlungen entstehen können, ganz vergleichbar sind.

Die Thermometer hatten cylindrische Behälter, $1^{mm},5$ bis $2^{mm},0$ im Durchmesser und 15^{mm} in Länge, waren mit willkührlichen Scalen versehen und wurden mittelst Fernröhre abgelesen.

Die Dicke ($\frac{1}{4}$ p) der Stäbe betrug $23^{mm},75$ und die Vertiefungen, in 50^{mm} Abstand von einander, hielten $2^{mm},25$ im Durchmesser. Da diese Stäbe ursprünglich zu einer ganz anderen Untersuchung bestimmt waren, so konnten sie in einem dazu eingerichteten Apparat zusammengeschraubt werden, und so hatten die beiden zusammengefügten Kupferstäbe eine Länge von 570^{mm}.

Die Erwärmung und Abkühlung des Stabes geschah dadurch, dafs er abwechselnd mit Wasserdampf aus dem Kochapparat A (Taf. II, Fig. 19) und mit kaltem Wasser aus dem Gefäfs B[1]) umgeben wurde, diefs wurde durch

1) Bei Beobachtung des Eisenstabes geschah die Abkühlung nicht durch Anwendung von kaltem Wasser, sondern blofs durch Ausstrahlung.

Umdrehung des Hahns b bewirkt, welcher in der Stellung b_1 den Wasserdampf und in der Stellung b_2 das kalte Wasser zu dem Stabe leitete, dessen Durchschnitt in der Figur mit a bezeichnet ist.

Durch eine besondere Untersuchung wurden folgende Relationen zwischen den Scalentheilen der angewandten Thermometer erhalten:

$$\left.\begin{aligned} \log n_1^0 &= \log n_4^0 - 0{,}18253 \\ \log n_1^0 &= \log n_2^0 + 0{,}02120 \\ \log n_2^0 &= \log n_4^0 - 0{,}20373 \\ \log n_3^0 &= \log n_2^0 - 0{,}03685 \\ \log n_3^0 &= \log n_1^0 - 0{,}01565 \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \quad (10)$$

worin n_1^0 das n^0 des Thermometers No. 1, n_4^0 das n^0 des Thermometers No. 4 usw. bezeichnet.

Die absolute Temperatur des Stabes braucht man nur in soweit zu kennen, als sie nothwendig ist zur Berechnung der Mitteltemperatur desselben, d. h. der Temperatur, für welche der endlich erhaltene Werth von k gilt; sonst reicht es hin, die relativen Scalenwerthe der Thermometer nach (10) zu kennen, und selbst dieses ist nicht nothwendig, wenn man bei der Beobachtung die Stellen der Thermometer verwechselt.

Durch eine ähnliche Vertauschung kommt man auch einer andern Fehlerquelle zuvor. Da nämlich das Glas ein schlechter Wärmeleiter ist, läfst sich voraussehen, dafs die Thermometer nicht augenblicklich und vollkommen die Temperatur des Stabes in jedem Augenblick angeben; aber man darf doch annehmen, dafs diese kleinen Abweichungen auf vollkommen analoge Weise bei beiden gleichzeitig beobachteten Thermometern eintreten, und dafs wenn, in Folge der ungleichen Gestalt, Mafse usw. der Thermometerkugeln, einige Verschiedenheit stattfindet, diese durch den eben erwähnten Umtausch eliminirt werden kann. Eine dritte Fehlerquelle, beruhend auf der sogenannten personellen Gleichung bei verschiedenen Beobachtern, kann natürlich auf eine analoge Weise aus den Resultaten entfernt werden.

§. 4.

Nach Vorausschickung dieser Bemerkungen lasse ich in der Tafel No. 1 und No. 2 die Beobachtungen oder richtiger die aus ihnen berechneten Mittelwerthe folgen; jede Reihe ist nämlich das Mittel von Beobachtungen während 2 bis 5 Perioden, wobei die Thermometerablesungen, gemacht ehe die Perioden sich ausbildeten und einen constanten Charakter annahmen, immer von der Berechnung der Mittel ausgeschlossen wurden [1]).

1) Hr. Thalén hatte die Güte, mich bei diesen Beobachtungen zu unterstützen; sein Name ist in den Tabellen mit Th bezeichnet.

Tabelle 1.

Länge der Periode 24^m bis 12^m.

Kupferstab.

No.	Therm	1^m 13^m	2^m 14^m	3^m 15^m	4^m 16^m	5^m 17^m	6^m 18^m	7^m 19^m	8^m 20^m	9^m 21^m	10^m 22^m	11^m 23^m	12^m 24^m	Beob-achter		Abst. zwisch. Therm.
1.	VI.	107,50 50,57	102,62 68,78	93,55 80,22	82,91 87,62	72,27 93,05	63,30 97,02	56,83 100,09	52,89 102,54	50,13 104,50	48,00 106,19	46,73 107,54	45,53 108,85	Å.	Erwärm. Abkühl.	100mm
	I.	100,96 73,51		98,88 81,31		91,87 88,67		84,07 93,53		78,80 96,86		75,56 99,25		Th.	Erwärm. Abkühl.	
2.	IV.	98.45 54.17	88,84 68,35	77,47 76,95	68,28 82,48	60,85 86,49	57,12 89,40	54,55 91,24	52,90 93,38	51,78 94,88	50,95 96,11	50,32 96,89	49,82 98,04	Å.	Erwärm. Abkühl.	100mm
	I.	107,36 58,05		98,85 72,28		81,68 85,39		70,42 93,88		63,70 99,91		59,76 103,89		Th.	Erwärm. Abkühl.	
3 (*a*)	I.	68,20 50,75	61,82 56,90	57,27 60,12	54,42 62,15	52,47 63,62	51,30 64,80	50,40 65,90	49,72 67,00	49,20 67,65	48,82 68,32	48,50 69,10	48,15 69,75	Å	Erwärm. Abkühl	100mm
	II.	69,80 56,30		65,87 60,50		61,75 63,62		59,40 65,75		57,92 67,35		56,92 68,70		Th	Erwärm. Abkühl.	
3 (*b*)	IV.		69,80 56,30		65,87 60,50		61,75 63,62		59.40 65,75		57,92 67,35		56,92 68,70	Th.	Erwärm Abkühl.	100mm
4.	I. IV.	93,68 100,85	86,90 101,07	76,38 95,73	67,10 88,03	60,98 80,32	57,55 74,45	60,30 70,35	72,87 74,08	80,92 81,07	85,95 87,18	89,52 92,28	92,10 96,22	Th Å.	Erw. u. Abk Erw. u. Abk.	150mm

Tabelle 2.

Länge der Periode 16^m.

Kupferstab.

No.	Therm.	1^m 9^m	2^m 10^m	3^m 11^m	4^m 12^m	5^m 13^m	6^m 14^m	7^m 15^m	8^m 16^m	Beob-achter		Ab-stand zwisch. Therm.
5.	I.	92,40	86,18	75,28	66,63	61,57	57,97	55,62	53,98	Th.	Erwärm.	150^{mm}
		57,03	68,67	76,13	81,12	84,82	87,60	89,67	91,33		Abkühl.	
	II.	83,90	84,73	83,57	80,53	77,18	74,22	71,80	69,83	Å.	Erwärm.	
		68,27	68,65	71,07	73,80	76,45	78,78	80,63	82,33		Abkühl.	
6.	II.	79,51	83,59	86,37	88,39	89,94	91,26	92,32	93,31	Th.	Erwärm.	100^{mm}
		94,06	93,89	89,97	86,55	84,02	82,08	80,47	79,17		Abkühl.	
	I.	86,46	87,05	88,50	89,90	91,20	92,31	93,35	94,26	Å.	Erwärm.	
		95,04	95,59	95,09	93,45	91,66	90,01	88,64	87,48		Abkühl.	

Eisenstab.

No.	Therm	1m 9m	2m 10m	3m 11m	4m 12m	5m 13m	6m 14m	7m 15m	8m 16m	Beob-achter		Abstand zwisch. Therm.
7.	I.	75,42 66,98	74,23 67,35	72,46 68,22	70,95 69,37	69,72 70,62	68,81 71,89	67,96 73,08	67,35 74,24	Th.	Erwärm. Abkühl.	50mm
	II.	77,57 74,58	77,97 74,21	77,75 74,17	77,13 74,43	76,51 74,88	75,89 75,41	75,28 76,04	74,79 76,71	Å.	Erwärm. Abkühl.	
8.	I.	74,30 65,52	73,25 65,82	71,26 66,83	69,68 68,07	68,39 69,44	67,43 70,69	66,61 71,94	65,96 73,07	Th.	Erwärm. Abkühl.	50mm
	II.	76,25 73,12	76,73 72,85	76,55 72,81	75,97 73,05	75,28 73,55	74,62 74,11	74,05 74,82	73,53 75,49	Å.	Erwärm. Abkühl.	

Berechnet man die in No. 1 und No. 2 enthaltenen Zifferwerthe nach der Methode der kleinsten Quadrate, so erhält man folgende trigonometrische Reihen:

No. 1. { Th. (IV) ... $t_n = 80{,}39 + 31{,}745 \sin(15.n + 134^\circ 6',2) + 4{,}578 \sin(30^\circ.n + 14^\circ 31',8) + 3{,}717 \sin(45^\circ.n + 104^\circ 33') +$ etc.
Th. (I) .... $t_n = 88{,}86 + 13{,}010 \sin(15.n + 109^\circ 2',7) + 1{,}591 \sin(30^\circ.n + 337^\circ 15',7) + 1{,}187 \sin(45^\circ.n + 61^\circ 58') +$ etc.

No. 2. { Th (I) .... $t_n = 74{,}57 + 25{,}203 \sin(15.n + 142^\circ 21',2) + 2{,}186 \sin(30^\circ.n + 54^\circ 28',7) + 4{,}334 \sin(45^\circ.n + 112^\circ 25',3) +$ etc.
Th. (IV) ... $t_n = 82{,}93 + 23{,}885 \sin(15.n + 117^\circ 47',2) + 1{,}665 \sin(30^\circ.n + 18^\circ 27',3) + 2{,}969 \sin(45^\circ.n + 70^\circ 41) +$ etc.

Obgleich im Allgemeinen die Coëfficienten der Glieder, welche den doppelten und dreifachen Winkel enthalten, so klein sind, dafs man nicht hoffen kann, aus ihnen einen zuverlässigen Werth von k zu erhalten, so können sie doch, wie mir scheint, eine interessante Bestätigung der Theorie liefern, und deshalb verdienen sie angeführt zu werden.

Dividirt man nämlich die respectiven Coëfficienten in No. 1 und ebenso die in No. 2 in einander, multiplicirt sodann die erhaltenen Quotienten und zieht die Quadratwurzel aus, so bekommt man:

$$\sqrt{\frac{31,745\,.\,25,203}{13,010\,.\,23,885}} = 1,6046 = f,$$

$$\sqrt{\frac{4,587\,.\,2,186}{1,591\,.\,1,665}} = 1,9425 = f'; \quad \sqrt{\frac{3,717\,.\,4,334}{1,187\,.\,2,969}} = 2,0654 = f'',$$

welche Werthe durchaus unabhängig von den Scalwerthen der angewandten Thermometer sind.

Subtrahirt man ferner die respectiven Winkelargumente von einander, so erhält man:

$\Delta\beta$	$\Delta\beta'$	$\Delta\beta''$
25° 3',5	37° 16',1	42° 25'
24 34,0	36 1,0	41 44
24° 48',7	36° 38',5	42° 5'.

Inzwischen hat man aus der Formel (4)

$$f = f'^{\frac{1}{\sqrt{2}}} = f''^{\frac{1}{\sqrt{3}}}$$

$$\Delta\beta = \sqrt{\tfrac{1}{2}}\,.\,\Delta\beta' = \sqrt{\tfrac{1}{3}}\,.\,\Delta\beta''$$

und wenn man die Werthe von f, f'', $\Delta\beta'$, $\Delta\beta''$ einführt

$$f = 1,6046, \quad f'^{\frac{1}{\sqrt{2}}} = 1,5994, \quad f''^{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 1,5201$$

$$\Delta\beta = 24^\circ\,58',7; \quad \sqrt{\tfrac{1}{2}}\,.\,\Delta\beta' = 25^\circ\,55', \quad \sqrt{\tfrac{1}{3}}\,.\,\Delta\beta' = 24^\circ\,19$$

eine Uebereinstimmung so grofs, wie man sie nur wünschen kann.

Aus den Werthen von f und $\Delta\beta$ erhält man leicht die von α und α' nach den Formeln

$$f = e^{\alpha} \text{ und } \Delta\beta \frac{2\pi}{360} = \alpha'$$

und diese Werthe, eingesetzt in (8), wobei im vorhergehenden Beispiel $T = 24$ und $l = 10$, giebt endlich

$$k = c \,.\, \delta \,.\, 64{,}0 \text{ bei } 50^{\circ} \text{ C.}$$

§. 5.

Nachdem solchergestalt sowohl die Uebereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen als auch die Weise, wie der Werth von k erhalten wird, durch ein Beispiel gezeigt worden, fasse ich in der folgenden Tafel 3 alle aus Taf. 1 und Taf. 2 berechneten Werthe von

m, A und β

zusammen, da diefs die einzigen Gröfsen sind, welche man bei Berechnung von k zu kennen braucht.

Tabelle 3.

No.	Therm. No.	m.	A.	β.	$\Delta\beta$.	Perioden-länge.	Abstand zwischen Therm.
1.	IV.	80,39	31,747	134° 6'.2	25° 3'.5	24ᵐ. m . t	100ᵐᵐ
	I.	88,89	13,010	109 2.7			
2.	I.	74,57	25,203	142 21.2	24 34 0	24ᵐ. m . t	100ᵐᵐ
	IV.	82,93	23,885	117 47.2			
3 (a).	I.	58,60	10,710	146 5.1	25 2.4	24ᵐ. . . t	100ᵐᵐ
3 (b)	II.	62,82	6,251	121 2.7	24 54.4	24ᵐ. . . t	100ᵐᵐ
	IV.	76,36	3,559	111 8.3			
4.	I.	77,02	17,467	123 26.5	37 22.2	12ᵐ. m . t	150ᵐᵐ
	IV.	86,80	14,345	86 4.3			
5.	I.	75,38	18,780	129 51.5	46 1.0	16ᵐ. . . t	150ᵐᵐ
	II.	76,61	7,728	83 50.5			
6.	II.	87,18	6,999	294 42.3	30 58.1	16ᵐ. . . t	100ᵐᵐ
	I.	91,32	4,290	263 44 2			
7.	I.	70,42	3,713	275 37.4	36 28.1	16ᵐ. m . t	50ᵐᵐ
	II.	75,83	1,770	239 9.3			
8.	I.	69,24	3,891	275 41.6	37 9.4	16ᵐ m . t	50ᵐᵐ
	II.	74,56	1,852	238 32.2			

Berechnet man k aus den in vorstehender Tafel zusammengestellten Werthen von A und $\Delta\beta$, wobei man zur

Auffindung von f die Formeln (10) anwendet, so erhält man, wenn man die Mitteltemperatur des Stabes in Centigraden ausdrückt und das Centimeter zur Längeneinheit nimmt, folgende Resultate:

	Beobachtungsnummer.	Periodenlänge.	Mitteltemperatur.	$\frac{k}{c\delta}$
Kupfer	3_a	24' * . *t*	67°,9	62,07
	3_b	24' * . *t*	62 ,9	64,00
	1	24' *m. t*	50 ,0	63,44
	2	24' *m. t*	49 ,9	64,41
	5	16' * . *t*	49 ,0	65,81
	4	12' *m. t*	46 ,5	64,97
	6	16' * . *t*	33 ,0	67,92
			51°,3	64,66
Eisen	7	16' *m.t*	52°,5	11,14
	8	16' *m.t*	54 ,1	10,92
			53°,3	11,03

Nimmt man den Werth von $c\delta = 0,84476$ für Kupfer
$= 0,88620$ für Eisen

und setzt diese Werthe ein, so erhält man schliefslich k

für Kupfer . . . 54,62
» Eisen . . . 9,77

bei in runder Zahl 50° Temperatur.

Denkt man sich also eine Metallwand, von Kupfer oder Eisen, bei einer Mitteltemperatur von 51 *bis* 52° *C., deren Flächen indefs einen Temperaturunterschied von* 1° *besitzen, und deren Dicke ein Centimeter beträgt, so geht in jeder Zeitsekunde durch jedes Quadratcentimeter der Wandflächen so viel Wärme als nöthig ist um ein Gramm Wasser* 54°,62 C. zu erwärmen, wenn die Wand von Kupfer ist, und 9°,77, wenn sie von Eisen ist.

Um die Richtigkeit der solchergestalt für das Leitungsvermögen des Kupfers und Eisens erhaltenen Werthe zu controliren, habe ich auch das *relative* Leitungsvermögen der Stäbe bestimmt, und dabei folgende zwei Reihen erhalten. Abstand der Höhlungen 50^{mm}. Die Temperatur des Zimmers zum Ausgangspunkt genommen

Kupfer.		Eisen.	
25,18		38,27	
23,48	2,0051	31,20	2,0423
21,90	2,0114	25,45	2,0424
20,57	2,0019	20,78	2,0452
19,28	2,0109	17,05	2,0370
18,20	2,0073	13,85	2,0417.

Aus den erhaltenen Quotienten ergiebt sich das Verhältnifs zwischen den Leitungsvermögen des Kupfers und Eisens $=5,65$, während die absoluten Bestimmungen die Zahl 5,59 liefern; eine Uebereinstimmung gröfser als man zu hoffen wagen kann.

Drückt man die von Péclet erhaltenen Werthe des Leitungsvermögens der beiden Metalle in denselben Einheiten aus, die vorhin gebraucht wurden, nämlich 1 Grm., 1 Minute und 1 Centimeter, so bekommt man für

Kupfer . . . 11,4
Eisen 4,35

Werthe, welche bedeutend von den obigen abweichen.

§. 6.

Da es nicht ohne Interesse seyn dürfte, auch das Wärmeleitungsvermögen verschiedener Erdarten kennen zu lernen, so habe ich, mit Benutzung der Resultate, die aus den in Upsala gemachten Erd-Thermometer-Beobachtungen hervorgehen, das Leitungsvermögen derjenigen Schichten zu benutzen gesucht, in welche die Thermometer eingesenkt waren.

Aus den Beobachtungen [1]) ergab sich

$$\sqrt{\frac{c}{k}} = \begin{cases} 0{,}070282 \text{ bei 4 und 6 Fufs Thermometer} \\ 0{,}068996 \text{ bei 6 und 10 Fufs} \quad \text{»} \end{cases}$$

Dabei sind der schwedische Fufs und das Jahr als Einheiten des Raumes und der Zeit angenommen; setzt man an deren Stelle das Centimeter und die Minute, so erhält man:

1) *Mém. sur la temperatur de la terre etc. Act. Reg. Soc. Scient. Upsal. Ser. III, Vol. I. p.* 211.

$$\frac{k}{c\,.\,\delta} = \left\{\begin{matrix} 0,26952 \\ 0,27958 \end{matrix}\right\}.$$

Die oberste Erdschicht, in welche die Thermometer eingesenkt waren, bestand aus einem Gemenge von Sand und Thon, die untere (5 bis 10 Fufs) aus feuchtem Thon, welcher beim Trocknen 19 Proc. seines Gewichts verlor. Das specifische Gewicht und die specifische Wärme derselben wurde durch eine Bestimmung gefunden beim

	δ	c	$c\delta$
thonhaltigen Sand	1,725	0,4416	0,7618
feuchten Thon	1,821	0,4448	0,8100

woraus

$k = 0,2053$ für thonhaltigen Sand
$= 0,2264$ » feuchten Thon
$0,2159.$

Nimmt man an, dafs die Mitteltemperatur der Erdschichten etwa 1° C. für 30 Meter mit der Tiefe zunehme, und das Leitungsvermögen gleich sey dem erhaltenen Werth von k, so kann man leicht den Wärmeverlust der Erdoberfläche während eines Jahres berechnen. *Denkt man sich dieselbe bedeckt mit einer Wasserschicht von* 282mm,5 *Höhe, so wäre die ihr während eines Jahres von den innern Erdschichten mitgetheilte Wärme hinreichend, um die Temperatur dieser Wasserschicht* 1° *C. zu erhöhen.*

Zusatz. Die oben beschriebenen Versuche über das Leitungsvermögen des Kupfers und Eisens habe ich seitdem mit Stäben von gröfseren Dimensionen fortgesetzt [1]).

Die Länge betrug 1180mm, die Breite und Dicke 35mm. Die dabei erhaltenen Werthe stimmen mit den früher erhaltenen vollkommen überein; für den Kupferstab wurde erhalten:

1) Das Nähere dieser Untersuchungen wird in den *Nov. Act. Soc. Upsal. Ser. III, Tom. IV* mitgetheilt werden.

		$\frac{k}{c\,\delta}$
bei der Temperatur	30°,5	66,80
	33 ,9	65,34
	41 ,0	65,77
	41 ,8	66,76
	44 ,0	65,13
Mittel	38°,2	65,96.

Während die frühere Untersuchung gab

bei der Temperatur	51°,3	64,66.

Diese beiden Werthe, reducirt auf dieselbe Temperatur, werden sehr nahe identisch, wenn man annimmt, dafs der Temperatur-Coëfficient für *k* denselben Werth habe für die Wärme wie für die Elektricität.

II. *Ueber das Gefrieren des Wassers und über die Bildung des Hagels; von L. Dufour,*

Prof. der Physik an der Akademie zu Lausanne.

(Aus der *Bibl. univ. Avr.* 1861 vom Hrn. Verf. übersandt.)

1. Wie bekannt gefriert das Wasser bisweilen bei ungewöhnlich niedrigen Temperaturen. Schon im verflossenen Jahrhundert gewahrte man, dafs es, bei langsamer Erkaltung und grofser Ruhe, erst einige Grade unterhalb 0° den starren Zustand annimmt. Gegenwärtig erlangt man dieses Resultat durch verschiedene mehr oder weniger einfache Mittel. Zuweilen giebt die blofse Erkaltung des gewöhnlichen Wassers inmitten einer grofsen Windstille und an freier Luft eine ausnahmsweise Erkaltung; allein diefs ein sehr seltener Fall, gewissermafsen ein Zufall, auf den man nicht sicher rechnen kann. Besser gelangt man zum Ziel, wenn man luftfreies Wasser in der verdünnten Luft der Luftpumpe bei völliger Ruhe erkalten läfst. Zuweilen

erlangt man auch die Temperatur-Erniedrigung, wenn man kochendes Wasser in einer Eprouvette mit einer Oelschicht übergiefst und erkalten läfst. Allein diese Mittel sind unsicher, und die beiden letzteren scheitern sehr oft, ungeachtet aller Vorsichtsmafsregeln und einer scheinbar absoluten Ruhe. Endlich weifs man, dafs das Wasser in Haarröhrchen auch unter 0° sinkt, ohne zu gefrieren.

Die wässerigen Salzlösungen bieten im Allgemeinen dieselbe Eigenschaft dar, und einige zeigen sie sogar in einem viel hervorstechenderen Grade. In einer neueren Arbeit über diese Fragen [1]) habe ich als solche bezeichnet: die Lösungen von Citronsäure, Milchzucker, Traubenzucker, Dextrin usw.

Die Erscheinungen der Uebersättigung beim schwefelsauren Natron zeigen eine offenbare Analogie mit der Thatsache beim Wasser. Dieselben Ursachen, welche die Krystallisation des Salzes hervorrufen, bewirken auch und viel leichter das Gefrieren des Wassers. Erschütterungen, Umrühren der Flüssigkeit, Berühren mit einem starren Körper usw. sind die Hauptursachen zu der Gestehung. Die Berührung der übersättigten Lösung des Salzes mit einem Krystall von schwefelsaurem Natron, oder des unter 0° erkalteten Wassers mit einem Eistückchen bewirkt sicher die Erstarrung der benachbarten Theile, und darauf der entfernteren.

Der Einflufs des Contacts mit einem starren Körper und besonders eines gewissen starren Körpers äufsert sich auffallend bei den Krystallisationen und Solidificationen. Die Krystalle bilden sich zunächst an den Unregelmäfsigkeiten, Rauhheiten der Gefäfswände, an in der Flüssigkeit ausgespannten Fäden und besonders an schon gebildeten Krystallen. In einer übersättigten Lösung, die erkaltet, sieht man die starre Substanz nicht überall gleichzeitig den flüssigen Zustand verlassen, sondern blos an einigen Punkten,

1) *Recherches sur la congélation de quelques dissolutions aqueuses* (*Bullet. de la soc. Vaudoise d. Sc. nat.* No. 47 *et Archiv. d. Sc. de la Bibl. univ. IX* (1860) *p.* 253).

wo die Krystalle wachsen und sich häufen. Diese Punkte sind gleichsam die Attractionscentra für die gelöste Substanz; die mit ihnen in Berührung kommenden Theilchen der Lösung treten die starre Substanz leichter ab als die entfernteren, welche überall von gleichfalls flüssigen Theilchen umgeben sind.

2. Es schien mir interessant zu untersuchen, wie sich das Wasser aufser allem soliden Contact und bei fortgesetzter Erkaltung unter 0° verhalten würde. Ich war neugierig zu sehen, in welchem Theile der Flüssigkeit und auf welche Weise die Erstarrung beginnen würde. Um das Wasser aufser aller Berührung mit Starrem zu setzen, mufs man es offenbar in ein flüssiges Mittel von gleicher Dichtigkeit bringen; und damit das Wasser sich isolirt erhalte, mufs dieses Mittel aus einer oder mehren Flüssigkeiten gebildet seyn, die keine wässerige Gemische zu bilden im Stande sind. Mit einem Wort: man mufs für das Wasser die eigenthümlichen Bedingungen des berühmten Plateau'schen Versuchs herstellen, bei welchem eine Oelkugel frei in einem gehörig mit Wasser verdünnten Alkohol schwimmt.

Ich kenne keine einzige Flüssigkeit, welche in ihrem Innern Wasser in Gleichgewicht halten könnte; allein es ist möglich Gemenge zu bilden, welche dieses leisten. Das Chloroform, schwerer als Wasser, läfst sich gut mit leichteren Oelen vermischen. In einem nach gehörigen Verhältnissen bereiteten Gemische dieser beiden Flüssigkeiten bleibt das Wasser frei schwimmen und nimmt die Gestalt einer vollkommnen Kugel an, die inmitten des Gemisches sehr deutlich zu sehen ist. Man kann auf diese Weise sehr grofse und sehr kleine Kugeln erhalten.

Für den besonderen Zweck, den ich vorhatte, war es wichtig das Gemisch bis unter 0° erkalten zu können, ohne dafs es sich merklich veränderte. Süfsmandelöl gesteht erst bei einer ziemlich niedrigen Temperatur, und es schien mir zweckmäfsiger als andere zu seyn; es wird jedoch, wenn die Erkaltung bedeutend ist, ein wenig opalescirend, was zwar ein Uebelstand, aber doch kein absolutes Hindernifs

ist. Das Chloroform (wenigstens das von mir benutzte) wird bei — 10° oder — 15° C. auch ein wenig opalescirend. Steinöl kann ebenfalls zur Darstellung eines Gemisches angewandt werden; es ist viel flüssiger als das Mandelöl und verändert sich bei der Erkaltung nur sehr wenig. Unglücklicherweise hat aber das Gemisch von Chloroform und Steinöl eine zu grofse Leichtflüssigkeit. Die Wasserkugeln bilden sich zwar sehr gut in seinem Innern, sind aber zu beweglich, und gelangen sehr bald an die Wände des Gefäfses. Dort überwiegt die Adhäsion des Wassers zum Glase und die Kugel breitet sich längs der soliden Wand aus.

Die Umstände, die bis jetzt am günstigsten zu seyn schienen, sind folgende: Nachdem man die Eprouvette, die zum Versuche dienen soll, inwendig vollkommen getrocknet hat, schüttet man etwas Mandelöl hinein und führt es längs der ganzen Wand herum, damit sich dieselbe mit einer Schicht davon überziehe; darauf giefst man ein Gemisch von ungefähr gleichen Theilen Mandelöl und Steinöl hinein, und fügt unter Umrühren soviel Chloroform hinzu bis das Gemisch beinahe die Dichte des Wassers hat. Klar ist, dafs wenn man die Dichtigkeiten der angewandten Flüssigkeiten bestimmt, man durch Rechnung sehr leicht festsetzen kann, in welchem Verhältnifs jede von ihnen angewandt werden mufs. Noch leichter und einfacher ist aber das Probiren und das Untersuchen des Gemisches, indem man ein Wassertröpfchen hineinfallen läfst, das entweder schwimmt oder zu Boden sinkt, je nachdem das Chloroform oder die Oele im Ueberschufs sind.

In Wirklichkeit hält sich das Gemisch nicht lange homogen, bald bildet sich nach unten eine an Chloroform reichere Schicht, und nach oben eine an Oel reichere. Die Wasserkugeln schwimmen alsdann zwischen diesen beiden Gränzen in derjenigen Zone, deren Dichtigkeit der ihrigen gleich ist.

Das zu diesen Versuchen anzuwendende Wasser erfordert keine Vorbereitung, d. h. es kann Luft enthalten, braucht weder destillirt noch gekocht zu seyn.

3. Bringt man die so zubereitete Eprouvette in eine Kältemischung und stellt ein Thermometer hinein, mit seinem Behälter seitwärts in die Zone der Wasserkugeln, so sieht man bald die Temperatur unter 0° sinken, ohne daſs das Wasser gesteht. Sehr selten gefriert eine Kugel bei 0°, gewöhnlich sinkt die Temperatur auf —4°, —8°, —12°, während der flüssige Zustand sich erhält. Auf diese sehr einfache und sehr sichere Weise verwirklicht man also das Sinken der Temperatur des Wassers bis unter den gewöhnlichen Frostpunkt desselben [1]).

4. Die Erstarrung tritt bei starker Temperatur-Erniedrigung mehr oder weniger rasch ein; von — 8°, — 10° an gefrieren die Kügelchen successive, ohne daſs es leicht wäre die Ursache zu erkennen, welche die Aenderung des Aggregatzustandes und die Bildung einer Eiskugel bedingte. Die kleinsten Kugeln halten sich im Allgemeinen am längsten; zu wiederholten Malen habe ich sie noch bei —18° C. und — 20° C. flüssig gesehen.

Die Volumenveränderung, welche das Gefrieren begleitet, zeigt sich bei diesen Versuchen sehr niedlich. Da das Eis weniger dicht ist, so steigen die erstarrten Kügelchen sogleich an die Oberfläche des flüssigen Mittels.

Sobald die Wasserkügelchen auf mehre Grade unter 0° gelangt sind, können verschiedene Einflüsse ihre Erstarrung hervorrufen. Allein diese Einflüsse wirken sehr verschiedenartig und oft gar nicht, ohne daſs es leicht wäre anzugeben, wovon dieſs Beharren des flüssigen Zustandes herrühre.

Stöſse, Umrühren mit einem Stabe, Hineinschütten von Sand, Krystallen und dergleichen bringen bekanntlich das im Vacuo erkaltete Wasser oder eine kalte und übersättigte Lösung von schwefelsaurem Natron sehr rasch zum

1) Es ist natürlich zu glauben, daſs dieselbe Methode auch bei anderen Flüssigkeiten als Wasser gestatten werde, den flüssigen Zustand unterhalb des gewöhnlichen Gefrierpunktes aufrecht zu erhalten. Ich werde hierüber künftig neue Versuche veröffentlichen. In der That kann man bei verschiedenen Körpern die Erstarrung bis zu merkwürdig niedrigen Temperaturen verhindern.

Krystallisiren. Dieselben Umstände wirken viel weniger sicher auf die Wasserkügelchen des obigen Versuches. Wenn man einen Glasstab in das Gemenge steckt und die erkalteten Kügelchen umrührt, so erfolgt zuweilen Erstarrung; allein oft kann man auch die wässerige Masse verschieben und heftig entstalten, ohne dafs eine Zustandsveränderung eintritt. Wenn während dieser Entstaltung die Gefrierung plötzlich eintritt, erhält man ein mehr oder weniger abgeplattetes, ellipsoïdisches Eisstück, das einer batavischen Glasthräne ähnelt usw. Die Berührung mit einem Eisen- oder Kupferstabe schien mir insgemein wirksamer zur Hervorrufung der Gefrierung als die mit einem Glasstab. Der Unterschied ist indefs nicht bedeutend, Platinschwamm wirkt nicht speciell und anders als irgend ein Metall. Bringt man pulverförmige Substanzen, z. B. Salze, mit den erkalteten Kügelchen in Berührung, so erfolgt die Gefrierung nicht immer. Ich habe manchmal Krystalle von Chlornatrium, schwefelsaurem Kali, Salpeter, salpetersaurem Natron, Eisenvitriol, Zucker usw. *in* die Kügelchen gebracht oder *durch* Kugeln von 5^{mm} Durchmesser und von -8^{0} C. fallen lassen, ohne eine Gefrierung zu bewirken. Eine Berührung mit Eis ruft dagegen immer und sogleich die Zustandsveränderung hervor.

Es war interessant die Wirkung der Elektricität zu versuchen; ich brachte daher Kügelchen bald in die Bahn eines Stroms, bald in die Bahn eines Funkens statischer Elektricität. Mehrmals ging der Strom einer Säule aus zwei Bunsen'schen Elementen durch Kügelchen von -7^{0}, ohne je eine Erstarrung hervorzurufen; der Contact von Metalldrähten (der übrigens für sich allein diesen Effect hätte bewirken können) bewirkte nicht die Zustandsveränderung. Bei Anwendung eines Gefäfses mit weiter Oeffnung konnte ich den Funken einer Leidener Flasche durch die Wasserkügelchen leiten: zuweilen erfolgte Gefrierung, aber selten. Der mächtigere Strom einer Ruhmkorff'schen Inductionsmaschine war wirksamer; die Funken mochten durch die Kügelchen oder neben ihnen überspringen, immer fand

eine plötzliche Gefrierung statt. Aus den verschiedenen mit Elektricität angestellten Versuchen bin ich zu glauben geneigt, dafs die Elektricität allein und als specifische Ursache nicht die Zustandsveränderung hervorruft, und die mit einer kräftigen Entladung erhaltenen Resultate scheinen mir mehr von einer mechanischen Erschütterung herzurühren.

5. Ich komme nun zur etwas detaillirten Untersuchung eines wichtigen Falles für den zweiten Theil dieser Untersuchung.

Wenn in einem Gemisch unter 0° ein Kügelchen bereits gefroren ist, so kann man es mittelst eines Glasstabes mit anderen Kügelchen in Berührung bringen, die sich noch im flüssigen Zustand befinden: die Effecte sind dann verschieden je nach der Temperatur und der Dimension der Kügelchen. Gesetzt zuvörderst, man habe Kugeln von 3 bis 5^{mm} Durchmesser und —6 bis —7° Temperatur. Der Contact der gefrornen Kugel mit der noch flüssigen ruft sogleich die Erstarrung dieser letzteren hervor, welche sich in eine Eiskugel verwandelt, die entweder von der ersteren isolirt bleibt oder ihr durch Contact in einem Punkte der Oberfläche schwach adhärirt. Auf diese Weise kann man successiv alle in einem Gemische schwimmenden flüssigen Kugeln in isolirte milchweifse starre verwandeln, die einigermafsen wie gewisse Graupeln aussehen. Wenn die Temperatur etwas weniger niedrig ist, —3° bis —4° C., so sind die Resultate etwas anders. Das vom starren Kügelchen berührte flüssige gefriert, haftet aber dem erstern an. Die Flüssigkeit, welche eine grofse Adhäsion zu dem Eise besitzt, sucht sich auf dem starren Kügelchen auszubreiten und erstarrt in dem Momente selber. Das zweite Kügelchen breitet sich also partiell über das erste aus, eine Hervorragung, eine mehr oder weniger dicke Kruste bildend. Man begreift, dafs die verschiedenartigsten Formen erhalten werden können, je nach der Temperatur und der Gröfse des zweiten Kügelchens; und wenn diese beiden ersten so vereinigten und zum Theil verwachsenen Kügelchen ein drittes, viertes usw. unter ähnlichen Umständen berühren,

so können sich Eisstücke von den wunderlichsten Gestalten und von unregelmäfsig abgerundeten Umrissen bilden. Bald sind es Agglomerationen, worin man zusammengeschweifste Kügelchen erkennt, bald homogene Stücke, deren unregelmäfsig genarbte und wellige Oberfläche die Art der Bildung verräth.

Ein letzter Fall endlich tritt ein, wenn die Temperatur nahe an 0° ist, — 2° oder 1° C. Die noch flüssigen Kugeln, mit einer schon erstarrten in Contact gesetzt, gefrieren nicht sogleich in ihrer ganzen Masse, sondern fliefsen auf dem sie berührenden Stück herum, es umhüllend mit einer mehr oder weniger dicken, bald vollständigen, bald unvollständigen Schicht, die ihrerseits gefriert. Der Contact mit einem dritten, vierten Kügelchen führt ähnliche Resultate herbei. Das Eisstück wächst durch mehr oder weniger vollständige Schichten und kann somit sein Volum bedeutend vergröfsern. Da es schwierig ist, die Temperatur so lange auf — 2° bis — 1° zu halten, als zur Bildung etwas voluminöser Stücke erforderlich ist, so habe ich dasselbe Resultat mit einem Gemisch von — 6° erzielt; ich fügte successiv kleine Mengen Wasser hinzu und setzte sie sogleich, ehe sie bis — 6° erkaltet waren, mit der schon starren Kugel in Contact, welche ein Kern für neue Schichten war. Solchergestalt bildete ich, zu zweien Malen, Kugeln, die sich beim Wachsen nur wenig entstalteten. Die erste hatte ein Volum von fast 4 Kubikcentimeter und wog $3^{grm},8$; die zweite war von 7 Kubikcentimeter und wog fast 6 Grm. Zerbrochen konnte man bei sorgfältiger Untersuchung die Schichten nicht deutlich unterscheiden, die man jedoch sich successiv hatte hinzufügen gesehen; sie waren indefs wahrzunehmen. Es hatten sich auch im Innern unregelmäfsige Räume gebildet, erfüllt mit dem umgebenden Mittel (Oel und Chloroform); die wässerigen Schichten hatten sich also nicht immer genau über einander gelegt.

Man begreift leicht, dafs die drei Fälle, welche eben beschrieben wurden, in Wirklichkeit nicht durch scharfe Gränzen geschieden sind. Je nach der Temperatur, von 0°

bis fast — 8°, geht man unmerklich vom dritten zum ersten über, und so begreift man leicht die Mannigfaltigkeit der möglichen Resultate. Wenn die Kügelchen sehr klein sind, so finden sich dieselben Phasen zwischen näher an 0° liegende Gränzen eingeschlossen, und schon bei — 3° erhält man, wenn man sich ihnen nähert, Agglomerationen, wo jedes besonders gefriert, jedoch an die andern anschweifst. Sind die Kugeln sehr grofs, so verhält es sich umgekehrt. Kugeln von 10^{mm} Durchmesser gefrieren nicht zu einer vollständigen Masse, selbst nicht bei — 8° und — 10°; es bildet sich eine äufsere Eisschicht, und das Innere bleibt wässerig. Ich verweile nicht bei der Ursache dieser, von den Dimensionen abhängigen Unterschiede. Es ist nämlich klar, dafs die bei der Erstarrung entwickelte latente Wärme bei den kleinen Kugeln rasch von den umgebenden kalten Mitteln absorbirt, die Kugel also gänzlich gefrieren wird, dafs sie dagegen bei grofsen Kugeln nicht vollständig absorbirt wird und ein Theil der Kugel flüssig bleibt vermöge der Wärme, welche der gefrierende Theil entwickelt.

6. Es ist natürlich zu glauben, dafs die Umstände der obigen Versuche günstig seyn müssen für die Phänomene der Uebersättigung in erkalteten Lösungen. Ich untersuchte in dieser Beziehung Lösungen von salpetersaurem Kali, chlorsaurem Kali und schwefelsaurem Natron, aber ohne Erfolg. Das Salz setzte sich immer inmitten der Kügelchen und während der Erkaltung ab. Lösungen von Citronsäure, Traubenzucker, Milchzucker und dergleichen behalten, wie man weifs, viel leichter als Wasser den flüssigen Zustand während der Erkaltung unter 0°, wenn diese Erkaltung in einem gewöhnlichen Glase an freier Luft geschieht. In einem Gemisch von Chloroform und Oel in den sphärischen Zustand versetzt, zeigten diese Lösungen keinen gröfseren Widerstand gegen die Erstarrung als reines Wasser. Es schien mir, als stellte sich ihre Gefrierung häufiger freiwillig ein, und als bewirkte der Contact mit dem Glasstab ihren Uebergang in den starren Zustand gewöhnlicher und leichter.

II.

7. Die vorhin beschriebenen Versuche geben Resultate, die vielleicht nicht ohne einige Beziehung sind zu einem der am wenigsten begriffenen meteorologischen Phänomene, nämlich der Bildung des Hagels. Die Eiskügelchen, welche man unter den angegebenen Umständen erhält, haben unstreitig eine Analogie mit den Hagelkörnern. Bei Anstellung dieser Versuche wird man unvermeidlich von dieser wenigstens äufserlichen und scheinbaren Analogie ergriffen, und es ist gewifs der Mühe werth, zu untersuchen, ob diese Aehnlichkeit eine gründliche Prüfung bestehe.

Man ist einigermafsen berechtigt, diese Aehnlichkeit zu verfolgen, wenn man bedenkt, wie wenig genügend die Theorien sind, welche man bisher zur Erklärung des Hagels aufgestellt hat. Die berühmte Volta'sche Theorie wird ungeachtet ihrer offenbaren Unhaltbarkeit noch oft als gut citirt. Die sinnreichen Abänderungen, welche Peltier[1]), unter Beibehaltung der Grundidee von zwei über einander liegenden Wolkenschichten, mit ihr vorgenommen hat, sind schwerlich annehmbar, und stofsen sich jedenfalls an den gewichtigen Einwurf von Lecoc[2]), welcher die Bildung von Hagelwolken aus der Nähe *gesehen* hat, und durchaus die Rolle zweier Wolkenschichten läugnet. Verschiedene Physiker haben die Idee behauptet, der Hagel könne sich durch die aus rascher Verdunstung der Wassertropfen entstehenden Erkaltung bilden. Leopold v. Buch, Schübler, Ideler haben sie ihren Erklärungen zum Grunde gelegt[3]); allein auch gegen diese Theorie erheben sich verschiedene Einwürfe, und gegenwärtig hat sie vielleicht nicht mehr Ansehen als die von Volta. Ohne ein kritisches Studium der verschiedenen Hagel-Theorien zu unternehmen (was mein Zweck hier nicht ist) kann man, scheint mir, behaupten, dafs jedenfalls noch viele Unsicherheiten hin-

1) Peltier, *Observations et recherches expérimentales sur les trombes*, 1840, *p.* 109.

2) Lecoc, *Compt. rend. de l'acad. d. sciences*, 1836, *T. I*, *p.* 324.

3) Abhandl. d. Berlin Acad. 1814. Pogg. Ann. Bd. XVII, S. 425. Siehe Kämtz, Lehrb. d. Meteorologie Bd II, S. 532.

sichtlich dieser Theorien vorhanden sind, und dafs es weder überflüssig noch anmafsend ist, wenigstens Elemente einer neuen Erklärung aufzusuchen.

8. In einer Theorie, welche das fragliche Phänomen vollständig und genügend erklären wollte, könnte man vielleicht zwei Theile unterscheiden. Der erste hätte zum Gegenstand: die Gesammtheit der atmosphärischen Umstände, welche in der heifsen Jahreszeit die Bildung einer grofsen Masse Eis veranlassen, den Antheil der Luftbewegungen, den Antheil der Elektricität, kurz die Ursache der unläugbaren Temperatur-Erniedrigung. Der zweite Theil bezöge sich auf die Thatsache des Gefrierens selbst, auf die ausnahmsweisen Umstände, welche Hagel liefern, mit seinem seltsamen Aussehen, seiner Form, Gröfse und Beschaffenheit. Dieser zweite Theil würde nachweisen, wie das aus den atmosphärischen Dünsten entspringende Wasser, abgesehen von der Ursache, die es erkaltete, zu dieser ungewöhnlichen Form des Gefrierens Anlafs geben könne.

Der erste Theil ist wahrscheinlich der schwierigere. Er berührt die grofsen Probleme von den Bewegungen der Atmosphäre, von den oft so plötzlichen Veränderungen ihrer Temperatur, von der Rolle, welche die Elektricität spielt, usw. Wenn man auch die Ursachen in allgemeiner Weise und in grofsem Maafsstabe kennen mag, so ist es doch beim gegenwärtigen Zustand der Meteorologie schwierig, in besonderen Fällen die Effecte zu verfolgen und sie in etwas genauer Weise zu erkennen. Verlassen wir für jetzt den ersten Theil des Problems und betrachten nur den zweiten, fragen wir, ob nicht die Gefrierung des Wassers, welche den Hagel veranlafst, der bei den obigen Versuchen ähnlich sey.

9. Die ungewöhnliche Temperatur-Erniedrigung des Wassers unter 0° konnte erlangt werden, indem man dasselbe von aller festen Wand sonderte, in einer Flüssigkeit schweben liefs. Das bläschen- oder wahrscheinlicher kugelförmige [1]) Wasser, welches in der Luft schwebt, so wie

1) Bekanntlich befindet sich diese Frage in der Schwebe bei den Meteo-

die fertig gebildeten Regentropfen, könnten sie nicht ein ähnliches Phänomen darbieten? Diefs scheint auf den ersten Blick wahrscheinlich, und wenn auch directe Versuche nicht wohl möglich sind, so giebt es doch zahlreiche Beobachtungen, welche diefs zu beweisen trachten. Nicht selten sieht man einen sehr feuchten Nebel, d. h. einen Nebel, dessen flüssige Tröpfchen sich niederschlagen und die Oberfläche der Körper benässen, obwohl das Thermometer unter 0° steht. Während einiger Tage des verflossenen Januars (1861) war die Stadt Lausanne zwei Abende hintereinander, besonders zwischen 6 und 8 Uhr, in einen dicken Nebel eingehüllt, aus welchem sich ein wahrer, obwohl sehr feiner Regen niederschlug, den man in unzweideutigster Weise auf den Händen und im Gesicht empfand. Das war also Wasser und kein Eis, und dennoch stand das Thermometer zwischen — 3° und — 4° C.

Wenn in den oberen Regionen der Atmosphäre die Temperatur durch die Ankunft kalter Luftströme beträchtlich sinkt, wenn zugleich andere, mit Dampf beladene Ströme anlangen, so kann es geschehen, dafs unter ausnahmsweisen Umständen, die sich nicht genau angeben lassen, Wassertropfen oder Kügelchen in ein unter 0° befindliches Medium getaucht werden und dennoch flüssig bleiben [1]). Wenn zugleich die Atmosphäre in starker Bewegung ist, und das ist bei Hagelwettern immer der Fall, so können diese flüs-

rologen. Lange hat man seit Halley, de Saussure u. A. angenommen, dafs das Wasser in den Nebeln und Wolken sich im Bläschenzustand befinde (Siehe Kämtz, Lehrb. d. Meteorologie Bd. II, S. 108). Neuere Arbeiten haben mit sehr sprechenden Gründen die *kuglige* Beschaffenheit vertheidigt. Wie dem auch seyn mag: der Kugelzustand verwirklicht sich jedesmal vor dem Fall des Regens, und das in diesen Zustand gelangte Wasser ist es, welches ich betrachte.

1) Man kann versuchen, einen Luftstrom in die bis unter 0° erkalteten und in einem Gemisch von Chloroform und Oel schwebenden Wasserkügelchen gelangen zu lassen. Ich habe diesen Versuch mehrmals ausgeführt. Luftblasen gelangten *in* die Kügelchen bei —5°, *durchdrangen* sie und stiegen dann wieder in die Höhe. Aber es erfolgte keine Erstarrung.

sigen Kügelchen sehr wohl eine mehr oder weniger lange Zeit in der Luft schweben bleiben, ohne niederzufallen. Wenn man sich nun in einer heftig bewegten und unter 0° erkalteten Luft mehr oder weniger voluminöse Wasserkügelchen, wahrscheinlich auch Schneeflocken vorstellt, so ist leicht einzusehen, dafs die verschiedenen Fälle der oben beschriebenen Versuche (siehe §. 5) sich einstellen. Einige Kügelchen gefrieren, wie zuweilen die in einem Gemisch von Chloroform und Oel schwimmenden mit einem Male gefrieren; sie werden dann die Kerne, um welche die anderen noch flüssigen Kügelchen sich anreihen, und so geben sie zu den verschiedenen Resultaten Anlafs, welche wir direct durch den Versuch verwirklichen konnten. Wenn die Temperatur viel unter 0° ist, so gefrieren die isolirten Kügelchen ohne zusammenzuschweifsen. Eine starre Kugel stöfst auf eine noch flüssige, bewirkt deren Erstarrung und so bildet sich eine Menge isolirter Körner, die gesondert von einander niederfallen. So hat man gewisse Fälle von Graupeln und kleinem Hagel, die häufiger sind im Frühling und Herbst, d. h. in den Jahreszeiten, in denen eine bedeutende Erkaltung der Atmosphäre möglicher ist als im Sommer.

Wenn die Temperatur der Luft, in welcher die unter 0° wässerig gebliebenen Kügelchen schwimmen, weniger niedrig ist, so werden sich die zwei letzten Fälle des §. 5 erzeugen können. Ein ursprünglich starres Kügelchen, welches auf andere noch flüssige stöfst, wird von ihnen eingehüllt, und so bilden sich jene mehr oder weniger zahlreichen und unregelmäfsigen Schichten, aus welchen die Schlossen so oft zusammengesetzt sind. Ein noch kleineres Kügelchen kann ganz gefrieren und sich dem Kerne anschweifsen, während ein anderes gröfseres sich zum Theil ausbreiten und eine vollständige Schicht bilden wird, ehe es ganz erstarrt ist. So können sich die wunderlichsten Schlossen bilden, wie sie uns von vielen Beobachtern beschrieben werden. Oft hat man Schlossen gesehen, bestehend aus einem Aggregat von kleinen Körnern; man hat deren gesehen mit Vor-

sprüngen, mit Hörnern und Narben, hat sie als unregelmäfsige Sterne gesehen [1]) usw. Alle diese seltsamen Formen

1) Beobachtungen über die unendlich mannichfaltigen Formen der Hagelkörner findet man bei verschiedenen Verfassern. Leopold v. Buch hält das Daseyn von Schichten und einem opalescirenden Kern für sehr allgemein. Kämtz sah Schlossen mit einem schneeigen Kern, eingehüllt von Schichten eines vollkommen klaren Eises; einige waren dreiseitige Kugelsectoren, andere glichen plan-convexen Linsen. Adanson spricht auch von plan-convexen Linsen, auf deren convexen Seite kleine abgerundete Vorsprünge sichtbar waren. Péron sah Schlossen von verlängerter Form, welche unregelmäfsigen Prismen ähnelten, (Kämtz, Lehrbuch Bd. II, S. 497.)

Arago spricht von einer Hagelart, die darin von den Graupeln abweicht, dafs die Körner klar sind, ohne einen schneeigen Kern. Er glaubt, dafs sie von Wassertropfen herrühren, die beim Durchfallen der tieferen und kälteren Luftschichten gefroren (*Annuaire pour* 1828).

Volney sammelte bei dem berühmten Gewitter vom 13. Juli 1788 unter anderen ein Hagelkorn von 5 Unzen; seine Gestalt war sehr unregelmäfsig. Drei Hörner, dick wie ein Daum und fast eben so lang, ragten aus dem Kern hervor, der sie vereinigte (Citirt von Peltier, *Observations etc. p.* 103.)

Am 23. Aug. 1850 verwüstete ein Hagelwetter das *Waadtland.* die Schlossen hatten mannichfache und seltsame Gestalten. Bei *Saint-Cergues* fielen Schlossen wie Haselnüsse mit Vorsprüngen an den Rändern. Bei *Muids*: runde, längliche und platte Schlossen, alle mit Rauhheiten auf ihrer Oberfläche; bei den gröfseren erkannte man einen runden Kern, rings an welchem mehre Wasserschichten gefroren waren. Bei *Bassins*: gewisse Schlossen hielten fast anderthalb Kubikzoll und bestanden aus anderen stark zusammengefrorenen Körnern, durchsichtig an den Seiten und versehen mit merkwürdigen Vorsprüngen. Sie waren von abgeplatteter Gestalt und zeigten mehre Kerne von verhärtetem Schnee. Bei *Bérolle*: Platte, konische, mit Spitzen besetzte Schlossen; einige waren krystallinisch, andere zu zehn und zwölf zusammengeballt. Bei *Vuarrens* las Hr. Pastor Curchod zwei stark zusammenhaftende Schlossen auf; und es waren nicht die einzigen der Art. Bei *Moudon* waren die Schlossen meistens nicht einfach, sondern mehre waren durch Eis mit einander verkittet. Bei *Granges* waren die kleinen Schlossen kugelförmig, allein die gröfseren glichen abgestumpften Kegeln, waren aus mehren kleinen coagulirten Hagelkörnern zusammengesetzt und Puddingsteinen ähnlich. Bei *Payerne* glichen die Schlossen einer Agglomeration von Schneekugeln, deren jede für sich in Wasser getaucht worden (R. Blanchet, Ueber das Gewitter von 23. Aug. 1850, *Annuaire météorologique de France*, 1852).

lassen sich, wie man gesehen, in dem Gemisch von Chloroform und Oel erhalten, und man begreift, dafs sie sich bilden, wenn die bewegte Luft schon gefrorene Kügelchen mit andern, die es noch nicht sind und ohne Zweifel an Gröfse variiren, auf tausendfache Weise durch einander mengt.

Die Wasserkügelchen, die unmittelbar aus der Verdichtung des Wasserdampfs entspringen, sind wahrscheinlich ziemlich klein, und wenn sie bis unter 0° erkaltet werden, müssen sie wohl oft, indem sie sich einander nähern, Agglomerationen bilden, worin jedes für sich gefroren ist, und folglich mit blofsem Auge oder mittelst Vergröfserungsgläser erkennbar bleibt. Zahlreiche Beispiele von so gebildeten Hagelkörnern sind von den Beobachtern nachgewiesen.

10. Welche Ursachen rufen die ersten Erstarrungen inmitten dieser bewegten und bis unter 0° erkalteten Kügelchen hervor? Es ist schwer, darauf mit Sicherheit zu antworten; allein es kann sehr wohl seyn, dafs die von elektrischen Entladungen bewirkten Erschütterungen, sowie der Durchgang der Elektricität selbst, hier eine wichtige Rolle spielt. Wenn feine Schneeflocken in der Luft schwimmen, so veranlassen sie sicher das Gefrieren der Kügelchen, welche sie auf ihrem Wege treffen, und in sie eindringend, werden sie somit das Centrum von Hagelkörnern. Dieser Fall ist sehr wahrscheinlich; man begreift sogar, dafs er sehr häufig ist; er erklärt vielleicht, weshalb das Centrum

Muncke glaubt, dafs die Schlossen über $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser immer das Resultat einer Agglomeration sind (N. Gehler's Wörterb. Bd. V, S. 32).

Montignot sammelte am 11. Juli 1753 zu Toul Schlossen von drei Zoll Durchmesser. Es waren Vereinigungen von kleineren Körnern (Arago, *Annuaire* 1828, *p.* 184).

Musschenbroek erwähnt Schlossen wie Hühnereier, gebildet durch Vereinigung kleinerer Körner. Crookshank sammelte in Nordamerika Körner von 13 bis 15 Zoll im Umfang, gebildet aus einer Menge kleiner Körner.

Dr. Waller sagt bei seinen wichtigen mikroskopischen Beobachtungen des Hagels, dafs er, wenn er recht achtsam war, oft sehr kleine Kugeln erkannte, die zur Bildung von Schlossen verkittet waren (*Phil. Mag.* 1846, u. *Archives*, 1846, *T. III*, *p.* 30.)

der Hagelkörner oft aus einem verhärteten und geknäulten Stück Schnee besteht [1]). (Ich habe mehrmals Schnee in ein in einem Gemisch von Chloroform und Oel erkalteten Wasserkügelchen gebracht; er drang sogleich in das Kügelchen ein; dieses gefror herum und liefs in seinem Innern das fremde Stück erblicken.)

Wenn leichte Körper, durch Wirbel emporgehoben, in der Luft schweben und in die Region der Hagelbildung gelangen, so kann vielleicht der Contact derselben mit den Wassertröpfchen eine Ursache zur Erstarrung werden und solchergestalt der fremde Körper die Mitte eines Hagelkorns einnehmen. Dieser gewifs nicht unmögliche Fall würde die seltsamen Beobachtungen der Auffindung von Hagelkörnern mit Spreu im Innern erklären [2]).

Mehre Physiker erwähnen den Fall, dafs meteorischer Staub in Hagelkörnern gefunden worden [3]). Ist das Factum

1) Deluc hält das Daseyn des Schneekerns für allgemein. Er sagt: »*Le noyau neigeux que chaque grain renferme etc.*« (*Modifications de l'atmosphère, pt. IV*, §. 714.)

»Obgleich die Schlossen von mannigfaltiger Form sind, so zeigen sie doch häufig in der Mitte einen weifsen porösen Kern« (*Denison Olmsted*, *Bibl. univ.* 1830, *T. XLIV*, *p.* 367). — »Es fallen bisweilen grofse Schlossen mit schneeigem Kern, die aus concentrischen, abwechselnd klaren und trüben Schichten gebildet sind.« (*Arago*, *Annuaire* 1828.)

Kämtz sah bei dem Gewitter vom 11. Juni 1827 viele Schlossen mit einem runden und trüben Graupelkern von einer Linie Durchmesser, ganz umhüllt von Eis. Der gesammte Durchmesser der Schlossen betrug 2 bis 4 Linien. (Kämtz, Lehrb. Bd. II, S. 496.)

2) Schlossen, welche Spreu enthielten, werden angeführt von Maternus Cilano (Hamburger Magazin Bd XVII, S. 80), Scheuchzer, (Breslau. Samml. IX, S. 90) und Fromond (Kämtz, Lehrb. Bd. II, S. 501.) — Im Jahre 1755 fiel auf Island Hagel, wo jedes Korn etwas Sand oder vulkanische Asche einschlofs (Muncke, N. Gehler's Wörterb. Bd. V, S. 37).

3) Im J. 1821 fielen in Irland Hagelkörner mit einem metallischen Kern, die Pictet für Schwefelkies erkannte (Gilbert's Ann. Bd. LXXII, S. 436). — Aehnliches trug sich in Sibirien zu. Schwefeleisen wurde am 20. Oct. 1826 zu Sterlitamansk, Gouvernement Orenburg, in Hagelkörnern gefunden, und vom Prof. John und dem Dr. v. Eversmann

richtig, so begreift es sich auch, denn Körperchen von meteorischer Natur, welche in die Atmosphäre gerathen, müssen gerade durch die Region der Hagelbildung gehen. Der Contact mit der starren Substanz wird das Gefrieren einiger Kügelchen veranlassen und so werden sich Hagelkörner bilden können, die einen Körper kosmischen Ursprungs in ihrer Mitte haben.

11. Wenn man versucht, Hagelkörner in einem Gemisch von Chloroform und Oel künstlich zu bilden, so geschieht es immer, dafs die Wasserschichten einander nicht genau überdecken; ein Theil des flüssigen Mediums wird in diese unregelmäfsigen Höhlungen des Eises eingeschlossen. Geschieht ähnliches, wenn Luft das umgebende Mittel ist, so kann man erwarten, Hagelkörner zu finden, welche Höhlungen, d. h. Luft, im Innern einschliefsen. Wirklich scheint mir dieses theils direct, theils indirect aus gewissen Beobachtungen hervorzugehen. Verschiedene Beobachter berichten nämlich, dafs Hagelkörner weniger rasch niederfielen und weniger stark aufschlugen, als man es erwarten mufste, wenn sie compacte Eisstücke gewesen wären: andere bezeichnen Hagelkörner als weniger schwer wie ähnliche Eisstücke; und in einigen Fällen endlich sah man leere Höhlungen [1]).

Was die concentrischen Schichten betrifft, so sind sie gewifs in den künstlichen Hagelkörnern, deren Bildung ich

gesehen (Pogg. Ann. Bd. VI. S. 30). — G. Rose bezweifelt indefs, dafs diefs metallische Product in einem Hagelkorn gefunden worden sey. (Ebendaselbst, Bd XXVIII (1833) S. 576.)

1) Unter den Hagelkörnern, welche am 23. August 1850 zu Moudon fielen, werden von Hrn. Vuilleumier mehre als gebildet aus schwammigem, gräulichem Eise beschrieben. »Sie waren im Verhältnifs zu ihrem Volum nicht schwer« (*R. Blanchet, Annuaire météorolog.* 1852.)

In einigen Hagelkernen glaubt Kämtz Luftblasen wahrgenommen zu haben (Lehrb. Bd. II. S. 497.)

Dr. Waller behauptet bei seinen mikroskopischen Studien der Hagelkörner, immer viel Luft in denselben gesehen zu haben, oft sogar mehr als Eis (*Phil. Magaz. Aug.* 1846 und *Archives.* 1846, *T. III, p.* 30).

beschrieb, weniger deutlich als in den meisten natürlichen. Allein dieser Unterschied kann leicht aus der Verschiedenheit der Mittel entspringen, innerhalb welcher ihre Bildung stattfand. In der Luft verdichtet das Hagelkorn wahrscheinlich continuirlich Wasserdampf an seiner Oberfläche; dieser Wasserdampf gefriert und sucht den Kern mit einer Reifschicht zu umgeben, welche ohne Zweifel bei verlängerter Bildung sich vergröfsern würde [1]). Diese dem Reif analoge und mehr oder weniger deutliche Schicht mufs die Eishüllen, welche aus den flüssigen, unter 0° befindlichen Kügelchen entstehen, trennen; sie mufs die Zusammensetzung aus concentrischen Schichten sichtbarer machen.

Es scheint mir sogar gewifs, dafs die Verdichtung des Wasserdampfs an der Oberfläche der Hagelkörner immer eine Rolle bei der Vergröfserung und Bildung dieser spielt; allein diese Rolle mufs mehr oder weniger bedeutend seyn, je nach den hygrometrischen und thermometrischen Zuständen der Luft. Die Verdichtung einerseits und die Fällung als eisige Kugelschichten unter 0° andrerseits wären demnach die beiden Hauptursachen zur Bildung und Vergröfserung der Hagelkörner. Ihre relative Wichtigkeit kann offenbar, je nach dem Zustand der Atmosphäre, von einem Gewitter zum andern sehr variiren und so können die Ha-

1) Arago sagt, dafs bisweilen grofse Hagelkörner mit Schneekern fallen, die aus concentrischen, abwechselnd klaren und undurchsichtigen Schichten bestehen (*Annuaire pour* 1828).

Wie mir scheint, kommen die Berichte der meisten Beobachter darin überein, dafs diese Beschaffenheit der Hagelkörner die allgemeinste von allen ist. Die Schichten sind zwar in der von Arago angeführten Abwechslung nicht immer ganz deutlich; allein es ist doch der gewöhnliche Typus eines Hagelkorns. Man begreift nämlich, dafs wenn die Gefrierung der bis unter 0° erkalteten Wasserkügelchen eine Hauptrolle bei dieser Bildung spielt, die Verdichtung des Wasserdampfs der Luft auch in der unendlichen Mehrheit von Fällen erfolgen mufs. Diese Verdichtung wird abhängen vom Zustand der atmosphärischen Schichten, welche die Hagelkörner während ihrer Bildung und während ihres Falls durchschneiden. Sie wird nach Umständen sehr verschieden seyn, bald stärker, wo denn das Hagelkorn milchig und wenig compact erscheint, bald schwächer, wo es homogener und härter ist.

gelkörner in Kennzeichen und Ansehen verschieden genug seyn.

Etwas zahlreiche und wohl angestellte Messungen der Temperatur von Hagelkörnern wären von wahrem Interesse. Unglücklicherweise hat man diesen Gesichtspunkt bei den Beobachtungen vernachlässigt. Dr. Waller, welcher sich damit beschäftigte [1]), sagt, dafs die Hagelkörner — 3 bis — 4° C. besitzen. Diese Zahlen bestätigen die obigen Betrachtungen über die Umstände bei Bildung des Hagels. Es ist übrigens zu bemerken, dafs Hagelfälle beobachtet wurden, als die Temperatur der Luft am Boden unter 0° war, z. B. —6°,2 am 2. Januar 1803; 0° am 20. Februar 1783; — 0°,4 am 26. Mai 1783 [2]).

12. Nach dieser Darlegung einiger theoretischen Ansichten über die Hagelbildung, bleiben noch die allgemeinen Umstände beim Auftreten eines Hagelwetters zu untersuchen. Ich beabsichtige nicht, bei diesem Theil der Theorie zu verweilen, da ich ihn für den schwierigeren halte, weil er die verwickeltsten Fragen der Meteorologie berührt. Ich werde mir blofs einige Bemerkungen erlauben.

Damit sich die in obigen Zeilen vorausgesetzten Umstände verwirklichen, sind unter anderen zwei Bedingungen wesentlich. Erstens eine Senkung der Temperatur der Luft bis unter 0° und zweitens ein Schwebenbleiben der Wasserkügelchen in dieser Luft während einer gewissen Zeit.

Man weifs, von welcher Ursache Volta die zum Gefrieren des Wassers nöthige Kälte ableitet. Durch einen seltsamen physikalischen Widerspruch läfst er die Sonne indirect diese Temperatursenkung hervorrufen. Peltier nimmt an, die durch elektrischen Einflufs vermehrte Verdampfung bewirke diese grofse Erkaltung der Wolken. Allein man kann bemerken, dafs die Luft bei einem Hagelwetter immer heftig beunruhigt und durch einander gemengt wird, und man begreift, dafs diese Bewegung obere und kältere

1) Dr. Waller, Mikroskop. Beobachtungen am Hagel, (*Archives T. III. p.* 30.)

2) Gilb. Ann. Bd. XIII, S. 371; Pogg. Ann. 1829, Bd. XVII, S. 443 und 444.

Schichten der Atmosphäre in tiefere herabbringen könnte, wo sie eine reichliche Verdichtung und darauf eine Gefrierung hervorrufen. Viele Beobachtungen scheinen zu zeigen, dafs bei Hagelwettern die Vertheilung der Wärme in der Atmosphäre eine ganz andere ist als im Mittel und bei ruhiger Luft. Die Abnahme der Temperatur nach der Höhe ist dann sehr rasch, und es ist keineswegs nöthig sich sehr zu erheben, um 0° zu erreichen. Es ist übrigens eine allgemeine Beobachtung, dafs bei Hagelwettern sich selbst am Boden die Temperatur stark erniedrigt. Man kann offenbar dem bloßsen, wenn auch reichlichen Niederfallen des Hagels nicht die Erkaltung einer ungeheuren Luftmasse um mehre Grade zuschreiben. Vielmehr ist die Bildung und das Niederfallen des Hagels Folge einer bedeutenden und mehr oder weniger plötzlichen Erkaltung einer ganzen Region der Atmosphäre. Diese primitive Erkaltung der Luft rührt ohne Zweifel von oberen Strömen her [1]).

1) Diese wichtige Frage der Erkaltung hat bei den Meteorologen zu den mannigfaltigsten Ansichten und Erörterungen Anlafs gegeben. Man hat eins ums andere alle physikalische Thatsachen angerufen, wo man Wärme absorbirt sieht, um ihnen einen Antheil bei der Hagelbildung zu gewähren, besonders die Kälte einer aufsergewöhnlichen, durch Luftströme, durch Elektricität, durch ungemeine Trockenheit der atmosphärischen Regionen usw. unterstützten Verdunstung.

Es ist indefs allgemeine Beobachtung, dafs bei Hagelwettern sehr heftige Strömungen in der Atmosphäre vorhanden sind, dafs sich sehr kalte Winde fühlbar machen und auf dem Schauplatz der Hagelbildung selbst einstellen. Diese, aus oberen Regionen herstammenden kalten Winde führen ohne Zweifel eine zum Gefrieren des Wassers hinreichende Kälte herbei.

Hr. Lecoc sah, auf dem Puy-de-Dome, starke Regengüsse aus den Wolken entweichen, dann den Wind sehr kalt und sehr heftig werden und darauf Hagel sich bilden. Später hörte dieser kalte Wind auf, es fiel kein Hagel mehr, wohl aber viel Wasser (Lecoc, *Compt. rend.* 1836, *I*, *p.* 324). — Die hier vertheidigte Meinung, dafs die Erkaltung aus den oberen Schichten der Atmosphäre herstamme, steht in Einklang mit zahlreichen von Kämtz (Vorlesungen über Meteorologie S. 453) citirten Thatsachen, welche beweisen, dafs der Hagel auf den Bergen häufig Regen in der Ebene ist. Wenn die Erkaltung ausnahmsweise die unteren Schichten der Atmosphäre erreicht, kann der

Können die erkalteten Kügelchen und die in Bildung begriffenen Hagelkörner lange genug in der Atmosphäre schweben bleiben, um sich zu vergröfsern, wie es vorhin vorausgesetzt wurde? Die Antwort darauf scheint mir eine bejahende seyn zu müssen, wenn man sich erinnert, wie aufserordentlich bewegt die Luft ist in den Hagelwolken und während des Hagelns. Diese heftige Bewegung ist eine stets beobachtete Thatsache [1]). Alle, welche Gewitterwol-

gebildete Hagel bis zur Ebene gelangen. Die Bildung desselben geschieht ohne Zweifel recht häufig in den oberen Regionen, aber er schmilzt ehe er den Boden der Ebene erreicht, und fällt starr nur auf die Berge. In den Schweizer Alpen hagelt es oft in der Höhe, während in den Thälern blofs grofse Regentropfen niederfallen (Siehe die Beobachtung von O. Heer in Kämtz's *Vorlesungen* S. 452.)

Die Gestalt der Hagelwolken, welche nach unten zerrissen sind und wie Trauben herabhängen, entspringt vielleicht oft von der Heftigkeit des oberen Windes, welcher die Erkaltung herbeiführt (Kämtz, Lehrbuch Bd II, S. 540).

Muncke erwähnt eines Hagelfalls zu Hannover, wo die Temperatur der Luft, welche vorher 31° war, nachher nur noch 5° war. Die von Hrn R. Blanchet über das Hagelwetter vom 23. Aug 1850 im Kanton Waadt gesammelten Documente weisen diese Erkaltung der Luft nicht blofs an den Orten nach, wo der Hagel fiel, sondern auch an einigen benachbarten Orten. Zu *Rolle* fiel kein Hagel, aber die Luft war gegen vier Uhr *aufserordentlich kalt*. Der herrschende Wind kam vom Jura; das ist ein kalter Wind, und Hr. Blanchet betrachtet dieses Herabstürzen der oberen Luftschichten vom *Joran* als die Hauptursache des Hagelwetters. (Blanchet, a. a O.)

Der Beweis, dafs bei Hagelwettern die Wärmevertheilung vollständig gestört ist, in dem Maafse als man sich in der Atmosphäre erhebt, wird durch eine grofse Zahl von Thatsachen geliefert (Kämtz's Lehrbuch Bd II, S. 535 und *Vorlesungen* S. 458)

Die Hagelfälle und die Erkaltung der Luft sind für gewöhnlich in sehr enge Gränzen eingeschlossen. Ein langer und schmaler Streif wird verwüstet und stark erkältet, während die Nachbarschaft kaum Regen und Wind hat und die Luft daselbst sehr heifs bleibt. Welche Meinung man auch über die Hagelbildung annehmen möge, so scheint mir doch diese ungemein örtliche Beschränkung einer der schwierigsten und dunkelsten Punkte der Meteorologie zu seyn.

1) Ich glaube nicht, dafs es Beispiele von Hagelfällen giebt, die von keiner Aufregung begleitet waren. Im Gegentheil ist diese Aufregung fast immer aufserordentlich und der Hagel fällt inmitten eines heftigen Win-

ken vor und während der Hagelbildung beobachtet haben, sprechen von ihren raschen Bewegungen, von ihrem Zerreifsen und von dem Daseyn von Strömen in verschiedenen Richtungen. Hr. Lecoc, welcher sich während der Hagelbildung nahe bei der Gewitterwolke befand, sah gewissermafsen dieses Schweben: »*Der Wind war sehr kalt und heftig geworden.*« Die fertig gebildeten Hagelkörner wurden von dem Luftstrome fortgeführt; sie flogen vor dem Beobachter, der auf dem *Puy-de-Dome* stand, horizontal hinweg: »*erst eine halbe Lieue weiter*« fielen sie auf den Boden.

Ein heftiger Wind ist, selbst am Boden, wo seine Gewalt weniger grofs ist als in den oberen Regionen, im Stande mechanische Wirkungen auszuüben, die ganz der Fortführung der Hagelkörner vergleichbar sind. Man sieht Baumzweige, Blätter, Kies usw. weit weggerissen von einem heftigen Winde und es scheint mir, dafs die Beispiele, wo solide Körper von einem sehr raschen Luftstrom emporgehoben und mehr oder weniger lange schwebend erhalten wurden, häufig und verschiedenartig genug sind, um das Schweben der Hagelkörner erklären zu können. Es ist besonders dieser Punkt der Hageltheorie, bei dem man oft

des. — »Die Hagelwetter, wenn sie heftig sind, sind charakterisirt durch das Zusammentreffen aller gewöhnlichen Elemente der Gewitter. Die Wolken sind sehr schwarz; sie sind in starker Bewegung und fliegen rasch durch die Lüfte oder, häufiger noch, stürzen sich aufeinander; sie sind begleitet von heftigen Winden, Blitzen und Donnern.« (Denison Olmsted, a. a. O. S 366). — Bei fast allen Hagelwettern herrschen heftige Winde und die Wolken werden nach allen Richtungen getrieben (Kämtz, Lehrb. II. 519) — Gewitter vom 30. Aug 1850. *Saint-Cergues*: Der Wind weht heftig aus WSW. — *Arzier*: Während der ganzen Dauer des Hagelns gingen die Wolken in allen Richtungen und bekämpften einander stark. — *Cossonay*: Der Wind wehte dermafsen, dafs dicke Bäume abgebrochen; eine ungeheure Pappel fiel auf ein Wachthaus — *Moudon*: Der Wind brach aus und schien von allen Seiten zu kommen. Die Geschwindigkeit der Hagelkörner war aufserordentlich; sie schoben sich in die Fensterläden, zertrümmerten die Scheiben und schlugen noch heftig auf den Boden der Zimmer usw. (R. Blanchet, a. a. O.)

die Elektricität hat zu Hülfe nehmen wollen. Diese ist aber keineswegs unentbehrlich: die mechanische Gewalt des Windes, wie sie uns durch eine grofse Zahl von Thatsachen dargethan wird, ist genügend, um das längere Schweben und die horizontale Fortführung der Hagelkörner zu erklären.

Die Hagelkörner wachsen ohne Zweifel desto mehr, als die Bewegung der Luft sie länger schwebend hält in demselben kalten Luftstrom, der die Wasserkügelchen enthält. Die Körner werden desto voluminöser als sie länger vor dem Niederfallen subsistiren. Eine Gewitterwolke, die über eine Gegend hinstreicht, könnte wohl in dem Maafse als sie vorrückt, immer gröfsere und gröfsere Hagelkörner fallen lassen. Das Gewitter vom 28. Juli 1835, welches Hr. Lecoc so wohl studirt hat, kam vom Ocean, und gab anfangs im Dep. Charente-Inférieur kleine Hagelkörner, dann im Dep. Haute-Vienne gröfsere, und später in Clermont noch gröfsere [1]).

13. Bei den Hagelwettern äufsert sich die Elektricität gewöhnlich durch Blitze und Donner. Viele Beobachter geben an, dafs sie dann in grofser Menge vorhanden sey. Es scheint ziemlich natürlich, sie eine wesentliche Rolle bei der Bildung des Hagels spielen zu lassen, und man weifs, dafs diefs die Basis der Theorien von Volta und Peltier ist. Ohne einen möglichen, vielleicht wichtigen Einflufs der Elektricität bei dieser atmosphärischen Erscheinung läugnen zu wollen, scheint es mir doch schwierig, ihn beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnifs genau festzusetzen. Wie existirt, die Elektricität in den Gewitterwolken? Wie wirkt sie auf die isolirten Kügelchen in der Luft, wie auf die Hagelkörner? Auf diese capitalen Fragen ist eine genaue

1) Am 11. Jan. 1827 sah Kämtz nach jedem einzelnen Schauer das Eis der Hagelkörner immer beträchtlicher werden. Eine gewisse, von Hrn. R. Blanchet angeführte Zahl von Beobachtern sagt, dafs die Hagelkörner beim zweiten Schauer gröfser waren als beim ersten, gröfser bei Ende eines Schauers als bei Anfang. Es gab jedoch einige Beobachtungen im entgegengesetzten Sinn.

Antwort nicht möglich. Die Meteorologie, schon so verwickelt und schwierig in ihren verschiedenen Gebieten, ist es hier noch mehr. Die Umstände, unter welchen wir die Eigenschaften der Elektricität in den Laboratorien zwischen festen oder flüssigen Körpern studiren, sind nicht die der Gewitter, und, wie mir scheint, ist es zu gefährlich, aus den ersteren auf die zweiten zu schliefsen. Man geräth zu sehr in Hypothesen, wenn man die Wirkungsweise der Elektricität bei dem in Rede stehenden grofsen Phänomen analysiren und detailliren will. Ich läugne nicht den Einflufs, den sie haben kann auf das Schweben, das Zusammenstofsen und selbst die Bildung der Hagelkörner, vielleicht auch auf die Erzeugung der Vorsprünge, mit welchen deren Oberfläche so oft besetzt ist; allein ich will diese Ursache bei den gegenwärtigen Untersuchungen lieber ausschliefsen, als sie auf eine unsichere und zweifelhafte Weise einführen.

14. Ich habe festzustellen gesucht, dafs die verschiedenen Kennzeichen der Hagelkörner (Gestalt, Ansehen, Beschaffenheit) und die Hauptumstände der Hagelfälle sich auf eine genügende Weise aus den im ersten Theil dieser Arbeit beschriebenen Thatsachen erklären lassen. Die vorstehenden Entwicklungen machen keinen Anspruch auf eine Hageltheorie, die allen Einzelheiten entsprechen könnte. Das Phänomen ist zu verwickelt und scheint mir zu sehr noch dunkle Fragen in der Meteorologie zu berühren, als dafs ich glauben könnte, es vollständig erklärt zu haben. Ich hatte keinen anderen Zweck, als einige wesentliche physikaliche Thatsachen nachzuweisen, die wahrscheinlich bei den Hagelwettern vorkommen. Die ungemeine Mannigfaltigkeit, welche die Natur in der Combination dieser Thatsachen darbietet, genügt vielleicht, alle Wunderlichkeiten der einzelnen Fälle zu erklären.

15. Ich fasse die wesentlichen Theile dieses Studiums in folgenden Schlüssen zusammen:

1. Wenn Wasser inerhalb eines flüssigen Mittels, aufser allem soliden Contact, in Schwebe gehalten wird, so ge-

friert es nur selten bei 0°; es bleibt flüssig bis — 5°, — 10° und sogar bis — 20°.

2. Die Erstarrung geschieht unter Einfluſs verschiedener und ungleich wirksamer Ursachen: Bewegung, Berührung mit festen Körpern, usw.

3. Unter gehörigen Umständen kann man die Erstarrung bei einer Temperatur unter 0° bewerkstelligen und solide Kügelchen erhalten, welche eine groſse Analogie mit den Hagelkörnern besitzen.

4. Der Hagel bildet sich wahrscheinlich, wenn die in einer bewegten Luft schwebenden Wasserkügelchen nicht eher gefrieren als bis sie unter 0° erkaltet sind. Die Verdichtung und Gefrierung des Wasserdampfs an ihrer Oberfläche trägt zu ihrer Vergröſserung bei.

5. Die Hauptkennzeichen der Hagelkörner (Ansehen, Gestalt, Beschaffenheit, usw.) lassen sich schicklich erklären, wenn man den oben bezeichneten Ursprung voraussetzt.

III. *Ueber eine Methode, zu untersuchen, ob das Polarisationsazimut eines gebrochenen Strahls durch die Bewegung des brechenden Körpers geändert werde; Prüfung dieser Methode; von Hrn. H. Fizeau.*

(*Ann. de chim. et de phys. S. III, T. LVIII, p.* 129.)

Das Daseyn des Lichtäthers scheint gegenwärtig so wohl festgestellt, und die Rolle, welche dieses überall verbreitete Medium in der Natur spielen kann, scheint so bedeutend seyn zu müssen, daſs man sich wundern muſs über die noch kleine Anzahl bekannter Erscheinungen, in welchen es sich mit Sicherheit verräth. Es läſst sich indeſs voraussehen, daſs die gröſsten Fortschritte der physikalischen Wissenschaften die wahrscheinliche Folge von Ent-

deckungen seyn werden, die successiv unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand erweitern. In diesem Gedanken habe ich verschiedene Untersuchungen vorgenommen, die speciell auf den bezeichneten Gegenstand gerichtet waren. Die ersten positiven Resultate, zu denen ich gelangte, sind der Gegenstand einer 1851 der Akademie vorgelegten Abhandlung gewesen[1]). In dieser Abhandlung prüfte ich verschiedene, über die Beziehungen des Lichtäthers zu den bewegten Körpern gemachte Hypothesen, zeigte darauf, dafs diese Hypothesen durch Messung der Lichtgeschwindigkeit in ruhenden und bewegten Körpern auf eine entscheidende Probe gestellt werden können, und brachte die Resultate von Versuchen bei, in welchen man nachweisen konnte, dafs die Bewegung eines Körpers wirklich die Geschwindigkeit ändert, mit der sich das Licht in seinem Innern fortpflanzt.

So konnte diese Erscheinung nachgewiesen und gemessen werden, wenn man Wasser rasch durch eine Arago'sche Doppelröhre trieb und die Verschiebung der Interferenzfransen beobachtete, welche die durch das bewegte Wasser gegangenen Strahlen gebildet hatten.

Derselbe Versuch wurde mit einem in grofse Geschwindigkeiten versetzten gasförmigen Mittel, mit Luft angestellt, aber hiebei war die Verschiebung der Fransen unmerklich. Ich gab in der Abhandlung die Gründe zu diesem negativen Resultate an und zeigte, dafs es der geringen Dichte der Materie zuzuschreiben sey und keineswegs der beim Wasser beobachteten Thatsache widerspreche.

Um die Resultate der erwähnten Untersuchungen zu vervollständigen und auszudehnen, war es wichtig, einen starren Körper, z. B. Glas, in derselben Beziehung zu untersuchen, um zu ermitteln, ob sich auch darin das Licht mit verschiedener Geschwindigkeit bewege, wenn der Körper in Ruhe oder in Bewegung ist.

In dieser Absicht sind die Untersuchungen angestellt, die Gegenstand der heute der Akademie vorgelegten Abhandlung ausmachen.

1) Ann Ergänzbd. III, S. 457.

Was die Beobachtungsweise betrifft, so konnte diejenige, welche früher bei der Luft und dem Wasser benutzt wurde, wohl auf andere Gase und Flüssigkeiten angewandt werden, nicht aber auf starre Körper. Man mufste also andere Principien und eine andere Methode zu Hülfe nehmen, und zwar wurden folgende zum Grunde gelegt.

Aus den Untersuchungen von Malus, Biot und Brewster ist seit lange bekannt, dafs wenn ein polarisirter Lichtstrahl durch eine geneigte Glasplatte geht, die Polarisationsebene im Allgemeinen beim gebrochenen Strahl eine andere ist wie beim einfallenden. Unter dem Einflufs der beiden Brechungen an den Oberflächen der Platte erleidet die ursprüngliche Polarisationsebene eine gewisse Drehung, deren Werth abhängt: 1) von der Neigung des Strahl gegen die Platte oder vom Einfallswinkel, 2) von dem Azimut der ursprünglichen Polarisationsebene, bezogen auf die Brechungsebene, und 3) von dem Brechungsindex der Substanz, aus welcher die Platte besteht. Wenn so, unter sonst gleichbleibenden Umständen, der Einfallswinkel von 0° in 90° übergeht, d. h. von der winkelrechten Richtung in die streifende, nimmt die Drehung fortwährend an Gröfse zu. Wenn blofs das Polarisationsazimut von 0° bis 90° verändert wird, wächst zuvörderst die Drehung, anfangs rasch, dann langsam bis 45°, wo sie ihr Maximum erreicht; darauf nimmt sie ab, anfangs langsam, später rasch bis zum Azimut 90°, wo sie Null ist. Ich kann hier nur die Hauptumstände der Erscheinung beibringen.

Besonders ist es der Einflufs des Brechungsindexes, der hier in Betracht kommt. Wenn Einfallswinkel und Azimut gleich bleiben, so ist die Drehung um so gröfser, je höher der Brechungsindex ist, den die Substanz der Platte besitzt: und da der Brechungsindex eines Körpers umgekehrt proportional ist der Lichtgeschwindigkeit in demselben, so folgt daraus, dafs die Gröfse der Drehung abhängt von der Geschwindigkeit, mit welcher das Licht sich in der betrachteten Substanz fortpflanzt. Die Drehung wird um so gröfser seyn als die Lichtgeschwindigkeit kleiner ist.

Wenn also die Lichtgeschwindigkeit im Innern der Substanz sich durch irgend eine Ursache ändert, läfst sich voraussehen, dafs die Drehung eine entsprechende Veränderung erleiden wird; und somit wird das Studium der Lichtgeschwindigkeit auf die Beobachtung eines leicht nachzuweisenden Phänomens, der Drehung der Polarisationsebene, zurückgeführt.

Prüfen wir nun, wie sich dieses Prinzip anwenden lasse auf die Untersuchung der kleinen Geschwindigkeitsänderungen, welche das Licht beim Durchgang durch einen in Bewegung begriffenen starren Körper erleiden kann.

Vor Allem schien es nöthig zu bestimmen, *welche Veränderung in dem Werthe der Drehung durch eine Vergröfserung oder Verringerung in dem Werthe des Brechungsindex hervorgebracht werde.*

Sir David Brewster hat seine Versuche über die Polarisation des gebrochenen Strahles zusammengefafst durch die für *eine* Oberfläche gültige merkwürdige Formel

$$\cot \varphi = \cot \alpha \cos (i - r)$$

worin α und φ die Polarisationsazimute des einfallenden und des gebrochenen Strahls, bezogen auf die Brechungsebene, und i und r die Winkel des Einfalls und der Brechung bezeichnen.

Durch die Differenz der Winkel i und r schliefst diese Formel, implicite den Brechungsindex m ein, da derselbe bekanntlich ist:

$$m = \frac{\sin i}{\sin r}.$$

Allein die Berechnung ist mühsam und verwickelt, wenn man sie auf die Effecte von mehren successiven Platten anwenden will, und überdiefs würde diese Rechnung die genaue Messung mehrer Winkel erfordern, deren Bestimmung immer unsicher wäre. In der That wird man weiterhin sehen, dafs man, um die durchgehenden Strahlen von den an den successiven Flächen reflectirten zu sondern, genöthigt war, die Flächen ein wenig gegen einander zu neigen, damit die reflectirten Strahlen in andere Richtungen

geworfen wurden als die der gebrochenen. Die Einfallswinkel waren also von Fläche zu Fläche verschieden, und sie liefsen sich nicht mehr mit der gehörigen Genauigkeit bestimmen. Ich nahm daher meine Zuflucht zum directen Versuch, welcher folgende Resultate gab.

Ich bildete zwei Säulen aus kleinen schwach (um 15') prismatischen Glasplatten, ein wenig gegen einander geneigt. Jede Säule enthielt vier Platten, allein die eine von gewöhnlichem Glase, die andere von Flintglas.

Zuvörderst wurde der Brechungsindex an diesen Platten selbst mittelst einer eigends dazu angeschliffenen Facette bestimmt; ich fand beim:

gewöhnl. Glas	Brechender Winkel	59° 40'	also Index
	Ablenkungsminimum	37 43	$m_v = 1{,}5134$
Flintglas	Brechender Winkel	59° 59'	also Index
	Ablenkungsminimum	48 22	$m_f = 1{,}6224$

Jede dieser Säulen wurde successiv in einen zur Messung der Drehungen geeigneten Apparat gebracht und auf ein und dasselbe unbewegliche Stativ gestellt, um genau denselben Einfallswinkel zu haben. Dieser Winkel betrug 58° 49'.

Die Drehungen wurden successiv hervorgebracht und gemessen, rechts und links von der Refractionsebene, um die Unsicherheit in der Lage dieser Ebene zu heben. Ueberdiefs wurde jede Reihe wiederholt nachdem die Säule um 180° in ihrer Ebene gedreht worden, um so den Effect eines kleinen Neigungsunterschiedes, der bei den Platten beider Säulen vorhanden seyn konnte, zu compensiren. Die aus allen diesen Messungen abgeleiteten Endwerthe waren folgende:

wenn α das ursprüngliche Polarisationsazimut
wenn φ das letzte Polarisationsazimut,

beide Azimute bezogen auf die Brechungsebene,

$\varrho = \varphi - \alpha$ der Werth der Drehung,

so wurde für $\alpha = 20°$ erhalten:

mit gewöhnlichem Glas $\varrho_v = 18° 40'$
mit Fintglas . . . . $\varrho_f = 24° 58'$

Nennt man $\Delta\varrho$ den Anwuchs der Drehung und Δm den Anwuchs des Brechungsindexes, so kann man angenähert setzen:

$$\frac{\Delta\varrho}{\varrho} = K\frac{\Delta m}{m},$$

worin K eine constante Gröfse.

Die obigen Messungen geben:

$$\frac{\Delta\varrho}{\varrho} = \frac{\varrho_{\prime} - \varrho_{\nu}}{\varrho_{\nu}} = 0{,}3375$$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{m_{\prime} - m_{\nu}}{m_{\nu}} = 0{,}0720$$

also

$$K = 4{,}686.$$

Das ist die Zahl, mit welcher man $\frac{\Delta m}{m}$ oder den Bruch, um welchen der Index zunimmt, multipliciren mufs, um $\frac{\Delta\varrho}{\varrho}$ zu finden, d. h. den Bruch, um welchen die Drehung unter den angegebenen Umständen gewachsen ist.

Diese Umstände wurden absichtlich so gewählt, weil sie sich denen der beabsichtigten Versuche am meisten näherten; andere Versuche, die wegen ihrer Unvollständigkeit hier nicht beigebracht werden, stimmten übrigens mit der erhaltenen Zahl genügend überein.

Man hat Grund zu glauben, dafs man, durch Versuche mit andern ähnlich vorgerichteten Glassäulen und mit etwas verschiedenen Incidenzen und Polarisationsazimuten, den obigen Werth von K ziemlich ebenso finden würde, und man kann ihn also als angenähert für richtig halten, um mittelst seiner vorauszusehen, welche Veränderungen die Drehung, unter analogen Umständen, durch kleine Aenderungen in der Geschwindigkeit des Lichts erleiden kann.

Suchen wir jetzt, *welche Veränderung in der Geschwindigkeit man einem Lichtstrahl im Innern des Glases beilegen könne, wenn dasselbe als in Bewegung vorausgesetzt wird.*

Obwohl noch kein positiver Versuch die Frage entschieden hat, so berechtigen doch die gröfsten Wahrscheinlichkeiten zu der Annahme, dafs die Bewegung des Mittels bei dem Glase eine analoge Geschwindigkeitsänderung des

inneren Strahls herbeiführen mufs, wie der Versuch sie beim Wasser nachgewiesen hat, und dafs diese Aenderung bei dem einen Mittel wie bei dem andern nach der von Fresnel aufgestellten Hypothese geschehen mufs, als der geeignetsten um zugleich Bradley's astronomisches Phänomen der Aberration und Arago's negativen Versuch über die Brechung des Sternenlichts durch ein Prisma zu erklären: eine Brechung, die dieser grofse Physiker als abgeändert durch die Umlaufsbewegung der Erde vorausgesetzt hatte und die dennoch der Versuch als ganz constant erwiefs.

Diese Hypothese stimmt auch gut mit mehren anderen negativen Versuchen über denselben Gegenstand, z. B. mit dem des Hrn. Babinet über die Interferenzen, die unter dem Einflufs der Erdbewegung durch das Glas beobachtet werden, und mit dem vorhin von mir erwähnten über die Interferenzen, welche man durch bewegte Luft beobachtet. Man ist daher berechtigt, bei der Frage über den Werth der Geschwindigkeitsänderung, welche der Strahl in dem Glase unter Einflufs der Bewegung erleiden kann, die Fresnel'sche Formel anzuwenden.

Nach dieser Formel mufs, wenn m der Brechungsindex und u die Geschwindigkeit des Körpers ist, die Geschwindigkeitsänderung seyn

$$\pm u\left(1-\frac{1}{m^2}\right),$$

wo das Zeichen + einer Bewegung in gleichem Sinn mit der Fortpflanzung des Strahls entspricht, und das Zeichen — für den entgegengesetzten Fall gilt.

Die gröfste Geschwindigkeit eines materiellen Körpers, welche uns zu diesen Versuchen zur Verfügung steht, ist sicherlich die Geschwindigkeit der Umlaufsbewegung der Erde, eine Geschwindigkeit, die unser Verstand kaum begreifen kann, da sie nicht weniger als 31000 Meter in der Sekunde beträgt. Diese Bewegung, welche unsere Augen nicht gewahren, weil wir mit allen uns umgebenden Gegenständen zugleich von ihr ergriffen sind, findet in einer

Richtung statt, welche sich für unsere Instrumente unaufhörlich ändert, sowohl mit der Jahres- als mit der Tageszeit, welche aber immer leicht zu bestimmen ist. Zur Zeit der Sonnenwenden z. B. hat diese Bewegung eine horizontale Richtung, und zwar um Mittag von Ost nach West, so dafs alsdann eine Glasplatte, welche einen von Westen kommenden Lichtstrahl auffängt, wirklich als sich mit einer Geschwindigkeit von 31000 Metern in der Secunde gegen die Richtung der Fortpflanzung des Lichts bewegend angesehen werden kann. Wenn dagegen der einfallende Strahl von Osten kommt, mufs das Glas angesehen werden, als bewege es sich mit dieser Geschwindigkeit in gleicher Richtung wie das Licht. Soll jedoch diese Betrachtungsweise gültig seyn, so mufs man annehmen, dafs der Lichtäther, in welchen die Erde getaucht ist, nicht mit derselben Bewegung wie sie begabt ist, eine Hypothese, die zwar noch nicht erwiesen, aber doch sehr wahrscheinlich ist, sowohl nach der Gesammtheit der bekannten Thatsachen, als besonders nach den optischen Versuchen, die mit Luft und Wasser in Bewegung angestellt wurden.

Bei dem Glase ist die Veränderung des Brechungsindexes, welche einer durch die Bewegung der Erde hervorgebrachten Geschwindigkeitsänderung des Strahles entspricht, folgende.

Sind v und v' die Geschwindigkeiten des Lichts in Luft und Glas, so ist der Brechungsindex

$$m = \frac{v}{v'}$$

und für einen sehr kleinen Anwuchs $\Delta v'$ hat man nahezu

$$\Delta m = -\frac{v\,\Delta v'}{v'^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Für die Variation von v', vermöge einer der Fortpflanzungsrichtung entgegengesetzten Bewegung, giebt die Fresnel'sche Formel

$$\Delta v' = -u\left(1 - \frac{1}{m^2}\right) = -u\left(\frac{v^2 - v'^2}{v^2}\right).$$

Diese gegen v' immer sehr kleine Gröfse (da u, die Geschwindigkeit der Erde, gleich $\frac{v'}{10000} \cdot \frac{3}{2}$ ist) kann in Gleichung (1) substituirt werden, die dann wird:

$$\varDelta m = \frac{v}{v'^2} u \left(\frac{v^2 - v'^2}{v^2}\right) = \frac{u}{v} \left(\frac{v^2 - v'^2}{v'^2}\right) = \frac{u}{v} (m^2 - 1)$$

Den Brechungsindex des Glases $m = 1{,}513$ genommen, findet man, nach Vollziehung der numerischen Rechnung,

$$\frac{\varDelta m}{m} = \frac{1}{11740}.$$

Vorhin fanden wir, dafs eine Aenderung $\frac{\varDelta m}{m}$ im Index bei der Drehung einer Aenderung $\frac{\varDelta \varrho}{\varrho} = K \frac{\varDelta m}{m}$ entspricht, wo $K = 4{,}7$; man hat also schliefslich für den Einflufs der Erdbewegung auf die Drehung:

$$\frac{\varDelta \varrho}{\varrho} = 4{,}7 \times \frac{1}{11740} = \frac{1}{2500}.$$

Aus dieser Rechnung folgt, dafs die Aenderung, welche die Bewegung der Erde in der Geschwindigkeit des gebrochenen Strahls veranlafst, in dem Azimut der Polarisationsebene eine Aenderung gleich $\frac{1}{2500}$ seines Werthes hervorbringt.

Bei dieser Rechnung ist die Bewegung des Glases als entgegengesetzt der der Fortpflanzung des Strahls angenommen worden, und daraus geht eine wahrscheinliche Vergröfserung der Drehung von $\frac{1}{2500}$ hervor. Aus der entgegengesetzten Bewegung erfolgt offenbar der entgegengesetzte Effect, d. h. eine Verringerung der Drehung um $\frac{1}{2500}$.

Der Unterschied der beiden Effecte von entgegengesetzten Zeichen wird also:

$$\frac{2}{2500} = \frac{1}{1250}.$$

Mithin mufs die durch eine Glasplatte bewirkte Drehung sich um $\frac{1}{1250}$ ändern, je nachdem der Strahl sich in Richtung der Erdbewegung fortpflanzt oder gegen dieselbe.

Wenn man die Drehung mittelst einer sehr geneigten Platte hervorbringt, mufs man die Aenderung berücksichtigen, welche die Richtung des Strahls durch die Brechung im Innern der Platte erleidet. Man hat dann die Geschwindigkeit u in zwei Componenten zu zerfällen, nämlich in

$$u \sin (i - r) \text{ und } u \cos (i - r).$$

Die erste, als lothrecht gegen den Strahl, ist zu vernachlässigen; die zweite, alleinig wirksame, mufs in der vorhergehenden Rechnung für u genommen werden, was dahin führt, den Endwerth, welchen man findet, mit $\cos (i - r)$ zu multipliciren.

Für $i = 70°$, z. B. wird der Bruch $\frac{1}{1250}$ zu $\frac{1}{1500}$, und für Incidenzen zwischen 0° und 70° nimmt der Bruch intermediäre Werthe an.

Es ist also schliefslich *eine Drehungsveränderung von nicht über* $\frac{1}{1500}$, um deren Auffindung durch den Versuch es sich handelt.

Wenn eine einzige Glasplatte einen Strahl unter der Neigung 70° auffängt und die Polarisationsebene dieses Strahls einen Winkel von 20° mit der Brechungsebene macht, wird die Polarisationsebene des gebrochenen Strahls eine Drehung von 6° 40′ erleiden. Dieser Winkel multiplicirt mit $\frac{1}{1500}$, giebt 16 Secunden als wahrscheinlichen Effect der Erdbewegung.

Offenbar wäre diese Gröfse zu klein, um genau beobachtet werden zu können; wenn man indefs die sehr sonderbaren Eigenthümlichkeiten, welche diese Art von Phänomenen darbietet, mit Achtsamkeit untersucht, findet man mannigfache Hülfsquellen jene Gröfse sehr zu vergröfsern, so dafs sie der Beobachtung auf eine entscheidende Weise unterworfen werden kann.

Zunächst ist diese Drehung des gebrochenen Strahls unabhängig von der Dicke des Mittels; diefs läfst sich leicht durch den Versuch darthun, wenn man, unter sonst gleichen Umständen, Glasplatten von verschiedener Dicke anwendet; die dicksten Platten bewirken durchaus keine andere Drehung als die dünnsten. Das Phänomen erzeugt

sich also nur auf den Oberflächen des Glases, und kann folglich durch die Anzahl dieser Oberflächen vergröfsert werden. Man braucht nur viele Glasplatten hinter einander in die Bahn des Strahls zu bringen; die Effecte addiren sich dann und bewirken sehr bedeutende Drehungen, deren Gröfse nur durch die successive Schwächung des durchgelassenen Strahls, besonders in Folge der Reflexionen an allen Flächen, begränzt zu werden scheint.

Wenn man statt *einer* Glasplatte, wie im vorhin erwähnten Versuch, deren vierzig hinter einander aufstellt, wovon jede den Strahl unter der Incidenz von 70° auffängt, und bei welcher jeder das Azimut des einfallenden Strahls 20° beträgt, so würde man eine Drehung von 40×6° 40′ oder 266° 40′ erhalten, von welcher $\frac{1}{1500}$ gleich 10′ 40″ ist, eine Gröfse, deren Daseyn, wenn nicht absoluter Werth, mit Sicherheit durch den Versuch nachgewiesen werden könnte; und ohne Zweifel liefse sie sich noch mehr vergröfsern.

Da die obigen Folgerungen dem Daseyn eines für die Lichttheorie höchst wichtigen und für die Einweiterung unserer Kenntnisse über die Beziehungen des Aethers zur wägbaren Materie besonders geeigneten Phänomens eine grofse Wahrscheinlichkeit verleihen, so strengte ich mich an, die zweckmäfsigsten physikalischen Bedingungen zur Aufsuchung dieses Phänomens zu verwirklichen. Wenn diese Anstrengungen auch zu einem negativen Resultat führten, könnte man defsungeachtet hoffen, dafs eben dieses Resultat, strenge erwiesen, nicht unnütz für die Wissenschaft seyn würde; man weifs nämlich, dafs bei dieser Gattung von Versuchen die negativen Resultate bisher die gewöhnlicheren waren, und dafs dennoch die Theorie bedeutende Fortschritte gemacht hat, indem sie sich auf diejenigen dieser Thatsachen stützte, die mit strenger Sicherheit nachgewiesen wurden.

Mittel, den durch Glassäulen gebrochenen Strahl zu isoliren.

Die ersten Versuche hatten zum Zweck, den gebrochenen Strahl, der allein beobachtet werden sollte, zu isoliren von den andern, an den Glasplatten reflectirten Strahlen.

Bei Anwendung einer Glasplatte mit parallelen Flächen besteht, wie bekannt, der durchgelassene Strahl aus einem direct gebrochenen Strahl und aus einer unbegränzten Zahl anderer, die 2, 4, 6 usw. Reflexionen an den beiden Flächen erlitten haben; die Intensitäten dieser hinzutretenden Strahlen werden immer schwächer, in dem Maafse als die Zahl der Reflexionen beträchtlicher wird. Die Anzahl dieser reflectirten Zahlen nimmt rasch zu, wenn man, wie bei den Glassäulen, mehre übereinander gelegte Platten anwendet, und selbst wenn man nur diejenigen betrachtet, deren Intensität vergleichbar ist mit der des direct gebrochenen Strahls, wird ihre Anzahl gleichsam unendlich.

Ueberdiefs wird man bemerken, dafs, da die Polarisation eines Strahls im Allgemeinen durch die Reflexion geändert wird, alle diese Strahlen verschiedenartige Polarisationszustände besitzen, verschieden unter sich und vom Polarisationszustand des directen Strahls.

Zahlreiche Vorversuche, deren Anführung hier unnütz seyn würde, haben dahin geführt, folgende Anordnung als die zweckmäfsigste anzunehmen.

Die Glasplatten sind nicht parallelflächig, sondern schwach prismatisch (der Winkel des Prismas ging von 10′ bis 40′); sie sind rechteckig, 50 Millm. lang und 17 breit; die Basis des Prisma fällt mit einer der kurzen Seiten zusammen, die Dicke beträgt 1 bis 2 Mllm. Die Platten sind zu vier vereinigt zu Säulen, in kleinen Kupferkasten, mit Oeffnungen in den gegenüberstehenden Seiten, um den Lichtstrahl durchzulassen; jede Platte neigt gegen die benachbarten nur etwa 2 Grad, mittelst eingeschobener Kartenstücke.

Es kam darauf an, dafs der Strahl bei seinem Durchgang durch diese prismatischen Gläser nicht aus seiner Richtung abgelenkt werde; sonst würde es schwer gewesen seyn, die Zahl der Säulen zu vermehren, ohne den Strahl aus dem Gesichtsfeld zu bringen. Zu dem Ende hatten *drei* der Gläser dieselben Winkel von 10′ in gleicher Richtung geöffnet, und das *vierte* Glas einen Winkel von 40′ in entgegengesetzter. Ueberdiefs waren die drei Winkel von

2°, welche die Gläser gegen einander bildeten, in gleicher Richtung geöffnet wie die drei Winkel der Gläser von 10'[1]). Aufserdem ist es wichtig, dafs die Gläser frei in ihrer Kupferhülle liegen, keine Beugung oder Torsion erleiden, welche auf die Polarisation des gebrochenen Strahls besondere Effecte auszuüben vermöchte.

Diese minutiösen Einrichtungen wurden für nöthig erachtet, um den directen Strahl vollständig zu isoliren und ihn zugleich in seiner ursprünglichen Richtung möglichst zu erhalten.

Wenn man durch eine solche Säule, unter einem Winkel von etwa 60° vor das Auge gehalten, nach einer entfernten Lichtflamme sieht, so erblickt man eine fast unendliche Menge von Bildern, theils vollkommen isolirt, theils zu Gruppen vereint, aber alle auf einer und derselben Geraden liegend, innerhalb der den Refractionen und Reflexionen gemeinschaftlichen Ebene: und wenn man die Säule um den Gesichtsstrahl dreht, sieht man alle Bilder sich im Kreise drehen, rings um ein centrales unbewegliches Bild, welches scharf und von den übrigen isolirt ist. Diefs ist das von dem gebrochenen Strahl gebildete Bild, rein von jeder Beimischung der übrigen Strahlen. Stellt man mehre solcher Säulen hintereinander vor das Auge, unter derselben Neigung und in verschiedenen Azimuten, so sieht man die Bilder sich noch mehr vervielfältigen, allein das centrale Bild bleibt immer rein und gesondert von den übrigen, ausgenommen in einigen besonderen Stellungen, die man leicht vermeiden kann.

Ich will noch eine, etwas verschiedene Plattencombina-

1) Bemerkenswerth ist, dafs der Werth des Winkels der vierten den drei ersten entgegengesetzt liegenden Glasplatte, welche zur Compensation der von diesen erzeugten Ablenkungen bestimmt ist, abhängt von der Neigung, unter welcher man die Säule anwenden soll; der Werth von 40 Minuten pafst zu Neigungen von 50 bis 70°. Für schwächere Neigungen müfste auch dieser Werth schwächer seyn; er dürfte nicht mehr als 30 Minuten betragen, d. h. das Dreifache des Winkels der anderen Gläser, wenn der Strahl in der den Normalen jedes dieser Gläser nächsten Richtung durch die Säule ginge.

tion anführen, die bei grofsen Neigungen gebraucht wurde. Die Säule besteht aus zwei Platten mit einem Winkel von 10', die unter sich einen Winkel von 2° bilden und durch einen Winkel von 6° getrennt sind von einem dritten Glase, dessen in entgegengesetzter Richtung geöffneter Winkel 27' beträgt.

Ich unterscheide diese Vorrichtungen durch die Bezeichnungen dreiplattige und vierplattige Säulen. Kürze halber will ich andere etwas verschiedene Vorrichtungen nicht beschreiben, obwohl mehre derselben erfolgreich neben den vorher genannten angewandt wurden.

Optische Vorrichtung, angewandt zum Beobachten der Drehungen.

Zwei lange Leisten, jede etwa von 2 Metern, wurden seitwärts unter einem stumpfen Winkel vereinigt, so dafs sie ein Gestell in Form einer Rinne bildeten, auf welches man in verschiedenen Abständen, cylindrische Stücke von Fernrohrkörpern legen konnte, die, da sie alle gleichen Durchmesser hatten, somit von selbst gegen einander centrirt waren.

Diese, von einander unabhängigen, Röhrenstücke oder Ringe (*viroles*) sind bestimmt inwendig, mit Kork befestigt, verschiedene optische Gegenstände, wie Nicol'sche Prismen, Linsen, Glassäulen usw. zu tragen und in verschiedene Azimute drehen zu lassen; die Bestimmung und der Gebrauch dieses Gegenstands soll sogleich angezeigt werden.

Das Ganze ruht horizontal auf einem hohen Fufs, der erlaubt es um eine verticale Axe zu drehen, und somit gegen jeden beliebigen Punkt des Horizonts zu richten. Folgendes ist die Reihe der hauptsächlichsten Gegenstände in den Ringen, angefangen mit dem Ende, in welches der Strahl eintritt, und geschlossen mit demjenigen, wo der Strahl den Apparat verläfst, um in das Auge des Beobachters einzudringen.

1. Ein polarisirendes Prisma mit kleinem Schirm mit kreisrunder oder rechteckiger Oeffnung von nur einigen

Millimetern. Der Ring, welcher es trägt, ist versehen mit einem Zeiger, der sich vor einem am Ende des Apparats befestigten, getheilten Kreis bewegt. Dieses Prisma bezweckt, das einfallende Licht zu polarisiren und der Zeiger soll auf dem getheilten Kreise die Lage der Polarisationsebene angeben; der Schirm endlich begränzt das Lichtbündel.

2. In einem gewissen Abstand von diesem Schirm, etwa 50 Centim., befindet sich eine Linse von eben so grofser Brennweite, welche bezweckt, die von der Oeffnung des Schirms ausgehenden Strahlen parallel zu machen.

3. Eine Reihe von Ringen mit Glassäulen, gestellt in verschiedene Azimute, die mittelst Theilungen auf dem Rande der Ringe bestimmt werden.

4. Eine zweite Linse, ähnlich der vorigen, und bestimmt, die durch die Säulen gegangenen Strahlen zu einem einzigen Bilde zu vereinigen, von gleicher Form und gleicher Gröfse wie die Oeffnung des Schirms.

5. Ein analysirender Apparat, versehen mit einer angemessenen Ocularlinse; der ihm tragende Ring ist ebenfalls versehen mit einem Zeiger vor einem am Ende des Apparats befestigten graduirten Kreis. Diese letzten Stücke haben den Zweck, die durch die Glassäulen abgeänderte Lage der Polarisationsebene genau anzugeben. Als Zerleger wurden, je nach den Umständen, angewandt: 1) Ein polarisirendes Prisma, welches durch Auslöschung wirkte. 2) Ein solches Prisma verbunden mit dem Fransenpolariskop des Hrn. Sénarmont. 3) Ein polarisirendes Prisma verbunden mit einem senkrecht gegen die Axe geschnittenen Quarz von Hrn. Biot's empfindlicher Farbe, oder mit zwei solchen Quarzen von entgegengesetzten Drehungen, nach Soleil.

Der ganze Apparat bildet eine Art horizontal liegendes Fernrohr, welches man, ohne eins der es zusammensetzenden Stücke zu verrücken, beliebig gegen Osten oder gegen Westen drehen kann, blofs dadurch, dafs man es um seine verticale Axe einen Winkel von 180° beschreiben läfst.

Wie schon bemerkt, ist zur Zeit der Sonnenwenden, wo viele Versuche gemacht wurden, die Umlaufsbewegung am Mittage von Ost nach West gerichtet, so dafs wenn dann der Apparat einen von Westen kommenden Strahl auffängt, die Glassäulen sich gegen die Fortpflanzungsrichtung der Strahlen bewegen; wenn man darauf das Instrument sogleich umkehrt und einen andern von Osten kommenden Strahl auffängt, bewegen sich die Glassäulen in gleicher Richtung mit dem Strahl. Auf diese Weise kann man gleich hinter einander die in dem einen und dem andern Falle von den Säulen bewirkten Drehungen vergleichen.

Für andere Jahreszeiten als die Sonnenwenden ist die Bewegung der Erde eine beträchtlich andere, allein sie läfst sich immer leichter bestimmen.

Um die doppelte Beobachtung bequem und rasch zu vollziehen, hatte man im Voraus zwei Spiegel fest aufgestellt, den einen im Osten, den andern im Westen des Instruments, und mittelst eines Heliostaten richtete man ein Bündel Sonnenlicht abwechselnd auf den einen und den anderen dieser Spiegel, von welchem er auf das Instrument reflectirt wurde. Hatte man sonach eine erste Beobachtung, nach Westen sehend, d. h. in Richtung der Erdbewegung, gemacht, und wollte eine zweite Beobachtung in entgegengesetzter Richtung machen, so brauchte man nur den vom Heliostaten kommenden Strahl auf den Spiegel im Westen zu werfen nnd darauf den Apparat um seine verticale Axe einen Winkel von 180° machen lassen.

Einige Hülfsvorrichtungen, die zu beschreiben hier zu lang seyn würde, hatten zum Zweck die Ungleichheiten der Biegung des Instrumentes zu verhüten und sich der vollkommnen Identität der Richtung des Strahls bei den vergleichenden Beobachtungen zu versichern.

Kurz dieser Apparat gestattete eine Reihe von Glassäulen in die Bahn eines polarisirten Bündels paralleler Lichtstrahlen zu stellen, die ursprüngliche Polarisationsebene durch einen getheilten Kreis zu bestimmen und die durch die Säulen

bewirkte Drehung dieser Ebene mit Hülfe eines zweckmäfsigen Zerlegers an einem zweiten Kreise zu messen, endlich, indem man den Apparat in verschiedene Richtungen brachte, den Einflufs der Erdbewegung auf die Erscheinungen zu studiren.

Erste Versuche um grofse Drehungen hervorzubringen.

Bezeichnen

α das Azimut der ursprünglichen Polarisation, bezogen auf die Brechungsebene der ersten Säule.

α', α'' die Polarisations-Azimute der auf die 2., 3.... Säule einfallenden Strahlen, bezogen auf die Brechungsebene jeder dieser Säulen.

φ das Azimut der endlichen Polarisation, bezogen auf die Brechungsebene der ersten Säule.

$\varrho = \varphi - \alpha$ die der Polarisationsebene durch Wirkung des ganzen Systems eingeprägte Drehung.

i den Winkel des Einfalls auf jede Säule. Da die Glasplatten schwach prismatisch und gegen einander geneigt sind, so ist dieser Winkel bezogen auf die mittlere durch die Mitte der Säule gehende Ebene; er ist ein wenig verschieden für jede Platte.

Eine erste Reihe von 6 Glassäulen, construirt in unvollkommnerer Weise als die zuvor beschriebene, wurde gebildet, indem man aus einem Stücke deutschen Glases, das gut gekühlt zu seyn schien und zufällig einen Winkel von beinahe 10' darbot, 24 unter sich ähnliche Platten schnitt und paarweise ihre Winkel gegen einander legte.

Bei einer Incidenz von beinahe 55° und bei den Azimuten α, α', α''.. gleich 30° hatte man

		Drehung.
für eine Säule	$\varrho =$	18° 42'
» zwei Säulen	$\varrho =$	36 58
» vier Säulen	$\varrho =$	78 24
» sechs Säulen	$\varrho =$	119 6

Bei diesen ersten Versuchen beobachtete man blos bei Wolkenlicht, aber ungeachtet der Schwäche desselben und

der grofsen Anzahl von eingeschobenen Glasplatten, war eine hinlängliche Intensität zurückgeblieben, und die erhaltene Drehung war bedeutend genug, um hoffen zu lassen, dafs man bei Anwendung von Sonnenlicht eine Intensität erlangen würde, die gestattete die Zahl der Säulen noch zu vermehren und somit die Drehungen noch zu vergröfsern. Bei achtsamer Betrachtung der Umstände dieses Versuchs bemerkte man indefs gewisse Eigenthümlichkeiten, welche vorhersehen liefsen, dafs eine Vermehrung der Säulen neue Schwierigkeiten herbeiführen würde.

Nach seinem Durchgang durch die 6 geneigten Säulen nämlich zeigte der gebrochene Strahl wohl eine scheinbare Polarisation, deren Ebene mit der ursprünglich einen Winkel von 119° machte; allein in Wahrheit war das Phänomen verwickelter. Beim Beobachten mit einem blofsen Nicol, als Zerleger, ergab sich folgendes.

1. *Dispersion der Polarisationsebenen der Farben. Mittel sie zu compensiren.* — Das gebrochene Bild erlischt bei keiner Stellung des Hauptschnittes des Prismas, sondern zeigt nur ein Intensitätsminimum, begleitet von einer ziemlich hervortretenden Farbenänderung, besonders bei Anwendung von Sonnenlicht. Diefs Phänomen scheint herzurühren von einer Dispersion der Polarisationsebenen der einfachen Strahlen, mit zunehmeden Azimuten vom Roth aus noch Violett. Wirklich ist diefs der Fall; diese Dispersion ist eine sichere Folge des Unterschiedes, der zwischen den Refractionsindexen der Farben existirt.

Beim Vergleiche der Drehungen ϱ mit den Indexen m fanden wir vorhin, für das Flint- und das gewöhnliche Glas, unter wenig andern als diesen Umständen, die Relation:

$$\frac{\Delta\varrho}{\varrho} = 4,7\,\frac{\Delta m}{m}.$$

Nennt man m_r den Index der rothen Strahlen und m_v den der violetten, so findet man nach der bekannten Dispersion des Glases:

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{m_v - m_r}{m_r} = \frac{1}{75}$$

und mit diesem Bruch mufs der Index der rothen Strahlen vergröfsert werden, um ihn dem der violetten gleich zu machen.

Also ist

$$\frac{\Delta\varrho}{\varrho} = 4{,}7 \times \frac{1}{75} = \frac{1}{16}$$

der Bruch mit dem die Drehung der rothen Strahlen vergröfsert werden mufs, um die Drehung der violetten Strahlen zu liefern. Für $\varrho = 119^\circ$ mufs der Unterschied der Polarisationsazimute des Roth und des Violett, oder die *Dispersion der Drehung*, seyn:

$$\frac{119^\circ}{16} = 7^\circ\, 24'.$$

Diese Dispersion der Farbenebenen wächst offenbar mit der Anzahl der Säulen, und da sie der genauen Bestimmung der Drehungen schaden könnte, so suchte man sich von ihr zu befreien. Zu diesem Endzweck nahm man gewisse, mit Drehvermögen begabte Substanzen zu Hülfe, z. B. winkelrecht gegen die Axe geschnittene Quarzplatten und mehre ätherische Oele, bei denen, nach Hrn. Biot's Untersuchungen, das Drehvermögen von einem sehr kräftigen Dispersionsvermögen begleitet ist. Von einem dieser Mittel, die zur Hervorbringung einer Farbendispersion gewählten wurden, gleich und entgegengesetzt der von den Säulen erzeugten Dispersion, brachte man eine gewisse Dicke hinter diesen Säulen in die Bahn des gebrochenen Strahls; es entstanden zwei gleiche und entgegengesetzte Effecte, die einander aufhoben, und dadurch wurden die Farbenebenen angenähert auf ein und dasselbe Azimut zurückgeführt.

Diese Compensation gelang sehr gut. Hatte die Drehung der Säulen nach der Linken statt, so wandte man zur Achromatisirung des Bildes mit Erfolg Citronenöl an, eingeschlossen bei einer Dicke von nahezu 10^{mm} in ein Gefäfs mit parallelen Seiten.

In anderen Fällen und bei anderen Drehungen benutzte man mit Vortheil verschiedene Gemische von Citronen- und

Terpentinöl, welche nach einigem Probiren einen sehr genauen Achromatismus lieferten. Die ätherischen Oele bieten besonders den Vortheil dar, dafs sie keiner genauen Einstellung bedürfen wie der Quarz; überdiefs gestatten sie bei gleicher Dicke ein ungleich wirksames Mittel zu erhalten, indem man solche, die entgegengesetzte Eigenschaft besitzen, in verschiedenen Verhältnissen mit einander mischt.

2. *Elliptische Polarisation des Bildes und andere Effecte der Härtung des Glases.*

Eine andere Eigenthümlichkeit des Strahls nach seinem Durchgang durch obige sechs Säulen ist die: dafs er, selbst wenn man die Dispersion der Drehung compensirt hat und das Bild nicht mehr farbig ist, doch bei keiner Lage des zerlegenden Prismas ganz verschwindet, sondern nur ein Intensitätsminimum darbietet. Das Licht ist also theilweise depolarisirt, und bei näherer Untersuchung zeigt es die Kennzeichen der *elliptischen Polarisation.* Diefs Phänomen ist bei *einer* Säule wenig merkbar; es nimmt aber allmählich zu an Intensität bei zwei, vier und sechs Säulen, so dafs sich nach diesen ersten Versuchen vermuthen läfst, dafs es immer mehr hervortreten werde, wenn man, um stärkere Drehungen zu erhalten, die Anzahl der Säulen noch mehr vergröfsert. Wirklich hat sich diefs durch den Versuch bestätigt, wie man weithin sehen wird.

Ist nun diese Veränderung im Polarisationszustande des Strahls unter dem Einflufs wiederholter Refractionen wesentlich verknüpft mit dem Phänomenen der Drehung? Oder ist es nur ein zufälliger das Hauptphänomen störender Effect, den man hoffen darf durch irgend einen Kunstgriff zu vernichten, so dafs das Phänomen der Drehung isolirt bleibt? Diese Frage, die man vor dem Weitergehen beantworten mufste, hat zu langen Untersuchungen und zu vielem Probiren Anlafs gegeben, wovon ich hier nur die vorzüglichsten Resultate mittheilen will.

1. Die scheinbare Depolarisation, welche die Drehung begleitet, entspringt daraus, dafs die lineare Polarisation des Strahls durch die elliptische ersetzt wird, leicht erkennbar

durch die Farbenänderungen, welche sie in einem Gypsblättchen hervorbringt.

2. Dieser Effect steht nicht in constantem Verhältnifs zur Drehung; im Gegentheil kann er, bei verschiedenen Säulen, gebildet aus Glas von verschiedenem Ursprung, für eine und dieselbe Drehung stärker oder schwächer seyn, je nach den angewandten Säulen.

3. Die Depolarisation scheint alleinig abzuhängen von einem zufälligen physischen Zustand, entsprungen aus einer zu plötzlichen Erkaltung des Glases bei seiner Bereitung. Wirklich scheint die Intensität des Phänomens in Beziehung zu stehen zum Härtungsgrade der Gläser, welcher übrigens durch verschiedene Methoden nachgewiesen ward. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dafs, mit seltenen Ausnahmen, alle im Handel vorkommenden Gläser, was ihre Haupteigenschaften betrifft, als doppeltbrechende Substanzen von verschiedenem Grade zu betrachten sind, wobei die Axe der Doppelbrechung winkelrecht auf den Flächen der Platten steht.

4. Die Effecte der Härtung der Gläser führen zu sonderbaren Complicationen in dem Hauptphänomen der Drehung, wie ich zeigen werde.

Zuvörderst ist die gesammte Drehung, welche eine Reihe von Säulen hervorbringt, im Allgemeinen gröfser als die Summe der Drehungen, welche die Säulen, einzeln genommen, bewirken. Der Ueberschufs ist schon im vorhergehenden Beispiel bemerklich, denn er beträgt etwa 10° auf 119° Drehung. Als man den obigen 6 Säulen eine andere Reihe von acht ähnlichen, aber aus einem weniger brechenden Glase gebildeten Säulen, hinzufügte, hätte die Summe der von den 14 Säulen hervorgebrachten Drehung 245° seyn müssen; die Beobachtung ergab aber 266°, also einen Ueberschufs von 21°. Ueberdiefs wurde bei diesen sehr grofsen Drehungen die Lage der Polarisationsebene ungewisser, weil die Kennzeichen der elliptischen Polarisation mehr hervortraten.

Aufserdem beobachtet man noch einen andern, sonder-

baren und für das Ziel dieser Untersuchung verdriefslichen Effect. Da es sich darum handelt, die kleinen von jeder Säule bewirkten Drehungsänderungen nachzuweisen, so mufs jeder der kleinen Anwüchse sich bei dem Durchgang des Strahls durch die folgenden Säulen erhalten; sie müssen sich einzeln addiren, um in der Enddrehung einen Anwuchs gleich ihrer Summe zu erzeugen. Ich studirte also die Säulen in dieser Beziehung, indem ich die ursprüngliche Polarisationsebene um einen kleinen Winkel $\Delta\alpha = 30'$ verschob, und nachsah, ob die letzte Ebene sich um dieselbe Gröfse $\Delta\varphi = \Delta\alpha$ verschoben hätte. Bei einer kleinen Zahl von Säulen erhielt sich auch diese Gleichheit; allein bei 10 war die Verschiebung $\Delta\varphi$ fast Null; das System war für eine kleine Aenderung des ursprünglichen Azimuts nicht mehr empfindlich. Bei 14 Säulen bewegte sich die Endebene entgegengesetzt der Verschiebung der ursprünglichen Ebene und es war beinahe $\Delta\varphi = -\Delta\alpha$. Diese sonderbaren Bewegungen der Polarisationsebene sind übrigens, wie man sich versicherte, ihrer Gröfse nach abhängig von dem mehr oder weniger hervortretenden Härtungsgrad, den das Glas besitzt. Sie haben einige Analogie mit dem Spiel der Polarisation, welches stattfindet, wenn man einen polarisirten Strahl wiederholt an Metallflächen reflectiren läfst. Sie müssen, wie diese letzteren, complexen Unterschieden in der Phase und der Intensität zugeschrieben werden, die sich unter dem Einflufs der stattfindenden Umstände zwischen den zwei rechtwinkligen Componenten der Vibrationsbewegung einstellen.

Ich will überdiefs bemerken, dafs andere Ursachen, die fähig sind, dem Glase doppeltbrechende Eigenschaften zu ertheilen, wie Compression und Torsion, die im äufserst schwachen Grade schon bei den Glasplatten vorhanden sind, analoge und noch verwickeltere Effecte hervorbringen. Bei den zuerst angewandten Säulen waren die Platten durch Schellack an einander befestigt. Nachdem sich an diesen Säulen Effecte gezeigt hatten, die offenbar von mechanischen Actionen dieser Art herrührten, erkannte ich die Noth-

wendigkeit der vorhin beschriebenen Einrichtung, bei welcher die Gläser frei in den Metallfassungen liegen. Indefs die Effecte der Härtung verblieben noch immer; sie liefsen sich nur schwächen durch Anwendung sehr dünner Platten; aber selbst dann störten sie immer das einfache Phänomen der Drehung, sobald dieses etwas beträchtlich geworden war.

Die aus der Härtung der Gläser entspringenden Schwierigkeiten sind die gröfsten, welche man bei diesen Untersuchungen antrifft. Ich untersuchte sorgfältig eine beträchtliche Anzahl von Glasproben verschiedenen Ursprungs und verschiedener Natur, fand aber keine vollkommen frei von Härtung. Ich versuchte auf verschiedene Weise die Glasplatten anzulassen, gelang aber nur dahin die Härtung zu verringern, nicht sie zu zerstören. In mehren Glashütten wurden eigends Versuche deshalb gemacht, aber ohne vollständigere Resultate. Ungeachtet dieser Erfolglosigkeit läfst sich jedoch hoffen, dafs neue Versuche, mit Beharrlichkeit unternommen, künftig eine Lösung dieser Schwierigkeit verstatten werden.

Mittel, angewandt zur Compensation der Effecte der Härtung.

In Erwartung, dafs es dereinst gelingen werde, ganz geeignete Gläser zu diesen Versuchen zu erhalten, suchte ich die besten Gläser, welche ich mir verschaffen konnte, zu benutzen; mittelst einiger Kunstgriffe, die ich beschreiben werde, ist es mir geglückt, so günstige Umstände zu verwirklichen, dafs der Einflufs der Bewegung auf die Drehung durch den Versuch nachgewiesen werden konnte.

Zunächst stellte ich fest, dafs mit vergröfserter Neigung der Säulen die Drehungen sehr rasch wachsen, während die Effecte der elliptischen Polarisation nur sehr langsam zunehmen. Es ist also vortheilhaft, die Säulen stark zu neigen.

Zweitens fand ich, dafs man einer stark geneigten Säule eine weniger geneigte und aus Gläsern von stärkerer Härtung gebildete, in einem entgegengesetzten Azimut entgegen-

stellen kann. Da diese zweite Säule eine schwächere und entgegengesetzte Drehung als die erste hervorzubringen sucht, so wird die Drehung jener ersten Säule blofs etwas verringert, während die gleichfalls entgegengesetzten Effecte der elliptischen Polarisation sich genau compensiren können, wegen der vorausgesetzten gröfseren Wirksamkeit der compensirenden Säule. Eine einzige dicke Glasplatte von gehörigem Härtungsgrade kann eine solche Compensation bewerkstelligen, und vermindert die Drehung noch weniger.

Diefs Mittel gelingt zur Genüge, allein es erfordert eine minutiöse Sorgfalt und oft sehr langes Probiren. Aufserdem wird durch Vermehrung der Dicken und der Glasflächen das Licht bedeutend geschwächt. Indefs konnte ich doch auf diese Weise, ohne zu grofse Schwierigkeiten, Drehungen erhalten, freilich wenig beträchtliche, bei welchem der durchgelassene Strahl keine Zeichen von elliptischer Polarisation mehr gab, sondern sich nahezu wie ein einfach polarisirter Strahl verhielt.

Die Farbendispersion war übrigens compensirt durch eine zweckmäfsige Dicke von ätherischem Oel.

Man erhält somit ziemlich leicht Drehungen von etwa 50°; und wenn die Effecte der Härtung genau neutralisirt sind, läfst sich das Phänomen der Drehung ohne alle Complication und mit der gröfsten Schärfe beobachten. Wir haben oben gesehen, dafs die Drehungsänderung, welche die Bewegung der Erde hervorbringen kann, wenig verschieden von $\frac{1}{1500}$ des Werthes der Drehung seyn mufs; $\frac{1}{1500}$ von 50° ist gleich 2 Minuten. Eine Drehungsveränderung von dieser Gröfse ist zu schwach, als dafs man hoffen könnte, sie durch directe Beobachtung zu erreichen.

Mittel, die Drehungsveränderungen zu vergröfsern.

Glücklicherweise hat ein achtsames Studium der Effecte der Säulen unvorhergesehene Hülfsquellen eröffnet um sehr kleine Aenderungen in der Lage der Polarisationsebene zu vergröfsern und beobachtbar zu machen. Das Princip des

Verfahrens, welches ich beschreiben will, ist schon von Botzenhart angegeben.

Vergleicht man unter sich die Werthe der Drehungen, welche eine Säule erzeugt, wenn das Polarisationsazimut der einfallenden Strahlen, bezogen auf die Brechungsebene, von 0° aus wächst, so beobachtet man, dafs die Drehungen in den ersten Graden merkwürdig rasch zunehmen, so dafs eine sehr kleine Bewegung der ursprünglichen Ebene sich durch eine gröfsere Bewegung der Endebene kund giebt.

Der Versuch hat gezeigt, dafs wenn bei einer der vorhin beschriebenen vierplattigen Säulen die mittlere Incidenz $i = 70°$ und das Polarisationsazimut der einfallenden Strahlen $\alpha = 5°$ ist, eine Veränderung $\Delta\alpha$ dieses Azimuts eine Drehungsveränderung $\Delta\varrho = 3\Delta\alpha$ veranlafst. Eine Veränderung in der Lage der ursprünglichen Ebene wird also unter diesen Umständen durch die Wirkung der Säule verdreifacht.

Statt einer einzigen Säule kann man successive mehre anwenden, und bei jeder das ursprüngliche Azimut von 5° beibehalten. Dann wachsen die Vergröfserungen in geometrischer Progression und man hat

für 1	Säule	Vergröfserung	3
» 2	Säulen	»	9
» 3	»	»	27
» 4	»	»	81

Diese Vergröfserungsweise erfordert für die Säulen eine sehr sorgfältige Orientirung, und sie gelingt nur, wenn die elliptische Polarisation des Strahls genau compensirt war; allein man sieht, dafs es verstattet ist, den präsumirten Variationen der Drehung eine hinreichende Gröfse zu geben, um sie sichtbar zu machen. In der That nimmt die kleine, vorhin berechnete Veränderung von 2 Minuten solchergestalt Werthe von 6, 18, 54 Minuten und 2° 42' an, wenn man sie durch 1, 2, 3 oder 4 Säulen vergröfsert. Diese Vergröfserung findet ihre Gränze vor allem in der raschen Schwächung der Lichtstärke und auch in den Effecten der elliptischen Polarisation, die sich bei dieser Einrichtung

gleichfalls zeigen und deren Compensation durch besondere Gläser zu einer aufserordentlichen Verwicklung führt. Man kann indefs diesen Effect schwächen und fast vernichten, wenn man erwägt, dafs das Phänomen der Vergröfserung *nur abhängt von dem Werth*, und *nicht vom Zeichen* des Polarisationsazimuts der einfallenden Strahlen. Diefs Azimut kann für die successiven Säulen abwechselnd + 5° und — 5° seyn, ohne die Natur des Phänomens zu ändern, und da dann die Effecte der elliptischen Polarisation, welche jede der Säulen bewirkt, von entgegengesetztem Zeichen sind, so compensiren sie sich annähernd auf hinreichende Weise.

Einrichtung der Säulen und Versuche.

Zur Unterscheidung der beiden Gruppen von Säulen, von denen gesprochen wurde, mögen die ersteren, die, zur Hervorbringung der Drehung bestimmten, *drehende Säulen* genannt seyn und die zweiten *vergröfsernde Säulen.*

Man begreift ohne Mühe, welche Schwierigkeiten zu so zarten Versuchen hinzutreten mufsten in Folge von zufälligen und ungünstigen Umständen, die man provisorisch dulden mufste, erwartend, dafs man sie dereinst vollständig werde beseitigen können, und man wird nicht erstaunt seyn, dafs die folgenden Versuche nur mit einer kleinen Zahl von Säulencombinationen angestellt wurden, wenn man erwägt, welche Zeit und welche Sorgfalt zur Verwirklichung jeder dieser Combinationen erforderlich war.

Damit man die bisher erlangten Resultate beurtheilen könne, werde ich die Gesammtheit der Beobachtungen, selbst die ersten sehr unvollständigen, beibringen und darauf die vollkommneren Einrichtungen beschreiben, zu welchen ich durch Erfahrung geführt wurde.

1. Zwei drehende Säulen von 4 Platten. Incidenz = 70°, Azimut = 30°. Gesammte Drehung nach links = 63°. Dahinter zwei compensirende Säulen $i = 30°$,

$\alpha = -30°$. Drehung der 4 Säulen $= 57° \ 30'$. Zur Vergröfserung: zwei Säulen von 4 Platten

$$i = 70°, \ \alpha = + \text{ und } - 5°$$

Die Vergröfserug ist 16 fach (direct gemessen).

Am 13. Mai gegen 2 Uhr die doppelte Beobachtung, mehrmals wiederholt, und dabei den Apparat abwechselnd gegen West und gegen Ost gerichtet, gab für die Westrichtung einen Ueberschufs von etwa 40 Minuten.

Diese Bestimmungen, so wie die meisten der folgenden, geschahen mit der Quarzplatte von zwei Drehungen.

Der berechnete Ueberschufs beträgt, wie man weiterhin aus einem detallirten Beispiel ersehen wird, 30 bis 35 Minuten.

2. Dieselbe Einrichtung im Allgemeinen, allein das Azimut der beiden drehenden Säulen ist 20° statt 30°. Gesammte Drehung 58°.

Viele, aber wie die vorhergehenden mit mehren Fehlerquellen behaftete Beobachtungen, vom 14. bis 24. Mai in den Mittagsstunden angestellt, gaben Ueberschüsse zu Gunsten der West-Richtung von einem genäherten Werth von 70, 75, 60 und 50 Minuten.

Der durch Rechnung geschätzte Ueberschufs ist 45 bis 50 Minuten.

Eine andere, etwas verschiedene Vorrichtung gab analoge Resultate. Diese ersten Beobachtungen haben nur Wichtigkeit durch das Daseyn und das Zeichen des Drehungsüberschusses, welche sich beständig in der West-Richtung zeigten; was den Werth derselben betrifft, so ist er noch zu unsicher.

3. Dieselben Incidenzen und Azimute wie vorhin. Aber erst zwei compensirende Säulen von 4 Platten, dann 2 drehende Säulen von 4 Platten, hierauf 4 vergröfsernde Säulen von 3 Platten, und endlich eine dünne Quarzplatte bestimmt zur Compensation der Farbendispersion, eingeschaltet zwischen die beiden vergröfsernden Säulen der Mitte der Reihe.

Wie man den wahrscheinlichen Effect dieses Systems,

das mit (*A*) bezeichnet seyn mag, angenähert berechnen kann, zeigt Folgendes.

Erste drehende Säule, $\varrho = 29^\circ = 1740'$, wovon $\frac{1}{1500} = 1',16$

Vergröfserung (gemessen) durch die zweite drehende Säule $= 1,32$

Vergröfserung (gemessen) durch die vier Säulen aus 3 Platten $= 30$

Gesammte Vergröfserung $= 1,32 \times 30 = 39,6$

Gesammt-Effect $= 1',16 \times 39,6 =$ . . . . 46'

Zweite drehende Säule, $\varrho = 29^\circ$, wovon $\frac{1}{1500} = 1',16$

Vergröfserung durch die vier Säulen an 3 Platten $= 30$

Gesammt-Effect $= 1',16 \times 30 =$ . . . . 34',8

Summe der Effecte 80',8

Die beiden compensirenden Säulen vor dem ganzen System aufgestellt gaben: Gesammte Drehung

$\varrho = -6^\circ = -360'$ wovon $\frac{1}{1500} = -0',24$ [1])

Vergröfserung durch alle folgenden Säulen $= 1,32 \times 1,32 \times 30 = 52,5$

Gesammt-Effect $= -0',24 \times 52,5$ . . . . 12',6

Erster Werth des resultirenden Effects 68',2

Diese Zahl müfste noch um einige Minuten vermindert werden, um die eigene Wirkung der vergröfsernden Säulen, von denen besonders die erste einen merklichen Effect hatte, in Rechnung zu ziehen; allein man kann nicht auf einige Minuten zählen; man kann also 65 Minuten als eine genähertere Zahl annehmen.

Allein die Rechnung setzt voraus, dafs die Drehungen im günstigsten Azimut hervorgebracht seyen; so wie man sich von diesem Winkel entfernt, nehmen die Vergröfserungen rasch ab. Die Rechnung wird dann sehr unsicher, allein sie neigt offenbar dahin geringere Werthe zu geben, und man kann den Einflufs dieser Veränderungsursache, je nach Umständen, auf 15' bis 20' *im Weniger* anschlagen.

Als letztes Resultat kann man daher annehmen, dafs diese Säulencombination (A) werde Ueberschüsse für die West-Richtung geben können, die zwischen den Zahlen 45' *und* 65' *liegen.*

Was den Einflufs der Jahres- und Tageszeit auf die wahrscheinliche Intensität des Phänomens betrifft, einen

1) Da es sich um eine ziemlich schwache Berichtigung handelt, so hat man den Bruch $\frac{1}{1500}$ als anwendbar auf die Incidenz 30° dieser Säulen betrachtet; in Wirklichkeit ist dieser Bruch etwas gröfser.

Einflufs, der von dem Winkel der Ost-West-Horizontalen mit der Richtung der Erdbewegung abhängt, so kann er, wenn man nur den allgemeinen Effect betrachtet, leicht abgeschätzt werden.

Zur Zeit der Sonnenwende ist die horizontale Ost-West-Componente der Erdbewegung um $2^h\ 30^m$ nur $\frac{4}{5}$, und um 4^h nur $\frac{1}{2}$ ihres Werthes zur Mittagsstunde.

Hier nun die zahlreichen Resultate, welche mit der Vorrichtung (*A*) erhalten wurden:

Vorrichtung (*A*).

Tag	Zahl der Beobachtungen gegen Ost	Zahl der Beobachtungen gegen West	Drehungsüberschufs für die West-Richtung	Mittlere Stunde
Juni 2	11	18	33′ 0″	$4^h\ 0^m$ 1)
3	34	32	45	2 30
4	54	57	60	12
5	46	55	66	12
6	15	15	90	11 30
	15	15	20	1 45
	20	20	23	4
7	15	15	53	11 30
8	25	25	38	2 30
9	30	27	25	3 30
13	30	31	54	12
15	17	19	73	1
	20	22	8	4
16	12	13	89	11 45 2)
	12	15	75	2 15 2)
	21	18	61	4 2)
20	17	21	42	3
21	27	29	57	12 15 3)
	21	15	31	4
24	40	41	46	12 15
	20	22	—7	4 4)

1) Berechneter Ueberschufs für Mittag der Sonnenwende 45′ bis 65′.

2) Bei diesen drei Reihen führte man absichtlich durch Neigen der Rotationsaxe einen constanten Fehler in den Apparat ein, um den Einflufs der Stunde unter anderen Bedingungen als die vorherigen zu beobachten.

3) Von dieser Reihe ab fügte man dem Apparat ein Hülfsfernrohr hinzu, um sich mittelst seiner der Identität der Richtung des Strahls in den beiden Lagen des Apparats zu versichern.

4) Umgekehrter Ueberschufs, d. h. für die Ost-Richtung.

Tag	Zahl der Beobachtungen gegen Ost	Zahl der Beobachtungen gegen West	Drehungs-überschufs für die West-Richtung	Mittlere Stunde	
Juni 27	10	10	53′ 30″	1h 30m	5)
	10	10	37	3	
	10	10	23 30	4	
28	11	12	60	12	
30	20	20	32	2 30	
Juli 1	26	23	53 30	12 45	
2	24	20	49	11 30	6)
	15	15	23 30	4	
3	25	15	39	11 15	
	15	15	19	4	
4	10	10	39	1	
	16	16	9 30	4	7)
5	10	20	56 30	1	
	10	10	26	3	
6	20	20	55 30	12 15	
	10	10	25	2 30	
	10	10	23 30	3 45	
7	10	15	47	2 30	
	10	14	30	4	
8	10	20	62	11 15	8)
	10	20	50	12 45	
	11	12	43	2 45	
	10	10	19	4	
9	8	8	55 30	10 45	9)
	10	10	59	12 30	
	10	10	43	2 45	
	10	10	26	4	
11	10	10	44	10 30	
	10	10	59	12 30	
	14	14	28	4	10)
12	10	10	59	1	
	10	10	27	4	
13	16	16	50	12 30	
	14	14	31	4	

5) Von dieser Reihe ab wurde der Apparat durch zwei angekittete Glasröhren verstärkt, um Biegungen zu verhüten.

6) Es wurde dem Apparat ein Bleiloth hinzugefügt, um die Axe vertical zu halten und Beugungen zu verhüten.

7) Da einer der Spiegel (der im Osten) schadhaft zu seyn schien, so wurde der andere in zwei Stücke zerschnitten, eins für Osten und das andere für Westen.

8) Verbesserung der Bilder durch eine Aenderung in der Richtung des Strahls und durch Zusatz eines Schirms.

9) Paarweise abwechselnde Beobachtungen, um den Einfluſs der Temperaturveränderungen zu verringern.

10) Die Reihe um 4^h mit besonderer Sorgfalt angestellt.

Tag	Zahl der Beobachtungen gegen Ost	Zahl der Beobachtungen gegen West	Drehungsüberschufs für die West-Richtung	Mittlere Stunde
Juli 14	10	10	43′	1h
	10	10	42	2 11)
	10	10	3	3 45m
15	10	10	59	12 15

11) Am 14. kehrte man die Stellungen der Spiegel um; eine Säule war durch Wirkung der Wärme auf die Korke schlotternd geworden in ihrer Unterlage.

Das sind die Versuche, welche mit der vorhin beschriebenen Säulencombination (*A*) angestellt wurden.

Die Gesammtheit der Ergebnisse ist dem Daseyn der vermutheten Erscheinung aufserordentlich günstig; allein da der Zahlenwerth aufserordentlich gering ist, so kann und mufs er durch zufällige Fehlerquellen gestört worden seyn, von denen mehre vorher gesehen und berichtigt wurden.

Man erkannte, dafs die Spiegel in merklicher Weise auf den Zahlenwerth einzuwirken vermochten, ohne im Stande zu seyn, die Ursache genau angeben oder den Werth der deshalb nöthigen Berichtigung mit Sicherheit bestimmen zu können.

Um zu genaueren Versuchen zu gelangen, versuchte ich andere Säulen mit neuen Gläsern zusammenzusetzen, und wirklich glückte es nach langem Probiren ein zweites System (*B*) zu bilden, welches von dem ersteren etwas abwich und das Phänomen etwas deutlicher geben mufste. Allein wenn auch die Amplitude der Drehungsvariationen etwas gröfser war, so war doch die Schärfe der Bilder geringer, so dafs an Genauigkeit nichts merklich gewonnen ward.

Viele minutiöse Vorsichtsmafsregeln, die ich nicht näher beschreiben kann, wurden getroffen, um die vermutheten Fehlerquellen zu entfernen: so wurden die Spiegel im Westen und Osten vertauscht, und durch die beiden Hälften eines vortrefflichen Planglases ersetzt.

Die Rechnung für die Anordnung (*B*), ausgeführt wie oben, gab als wahrscheinlichen Effect für die Mittagszeit der Sonnenwende 120′ bis 140′.

Eine dritte Vorrichtung (*C*) erlaubte gleichfalls mehre Beobachtungsreihen zu machen. Nach der Natur dieser Vorrichtung mufste sie für das Phänomen einen geringeren Werth geben als die vorhergehende, aber die Bilder waren besser und verstatteten genauere Bestimmungen.

Da für diese beiden Vorrichtungen die Jahreszeit eine von den Sonnenwenden entfernte war, so konnte der für letztere Zeit gemachte Calcül nur nahebei mit den Beobachtungen verglichen werden.

Die Berechnung der Vorrichtung (*C*) gab für die Mittagszeit der Sonnenwende 50′ bis 60′. Folgende Tafel enthält die mit den Vorrichtungen (*B*) und (*C*) erhaltenen Resultate:

Vorrichtung (*B*).

Tag		Zahl der Beobachtungen gegen Ost	Zahl der Beobachtungen gegen West	Drehungs-überschüsse für die West-Richtung	Mittlere Stunde
September	18	11	13	81′	$3^h\ 0^m$ [1])
	20	14	18	139	2
	24	16	16	128	1 15 [2])
October	5	10	10	120	1 30
	6	8	4	155	2 45 [3])

Vorrichtung (*C*).

Tag		Ost	West	Drehungs-überschüsse für die West-Richtung	Mittlere Stunde
October	17	15	15	55	1 30 [4])
	17	13	23	30	2 45
	22	12	11	38	2 15 [5])
	17	17	18	32	2 [5])
	21	23	25	45	2 [6])

1) Berechneter Ueberschufs für Mittag der Sonnenwende 120′ bis 140′.

2) Spiegel des Heliostaten ersetzt durch ein total reflectirendes Prisma, Beobachtungen gemacht mit einem gelben Glase

3) Dispersion der Farbenebenen compensirt durch eine Flasche mit Citronenöl.

4) Berechneter Ueberschufs für Mittag der Sonnenwende 50′ bis 60′.

5) Polarisationsazimut in einer ungünstigen Lage.

6) Andere Lage des Polarisationsazimuts.

Diefs ist die Gesammtheit der bisher erhaltenen Resultate; sie sind vollständig mitgetheilt, bis auf einige Reihen,

die erwiesener Umstände wegen offenbar falsch waren oder vermöge Unterbrechungen, durch Wolken veranlafst, eine unzulängliche Zahl von Beobachtungen enthielten.

Die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen diefsseits und jenseits vom Mittel sind ziemlich beträchtlich; sie können hergeleitet werden von der Undeutlichkeit des Bildes in Folge der grofsen Anzahl durchstrahlter Flächen, — von der wohlbekannten Unsicherheit, die immer bei der Bestimmung des Polarisationsazimuts existirt, wenn das Licht nicht sehr intensiv ist, und von allmählichen Veränderungen in der Drehung, veranlafst durch Temperaturänderungen des Apparats; um diese letztere Unsicherheitsquelle zu verringern, wurden die Beobachtungen in jeder Reihe vielmals alternirt.

Uebrigens vervielfältigte ich die Messungen möglichst (ihre Gesammtzahl steigt über 2000), damit die Mittelwerthe besser von allen Unsicherheitsquellen befreit seyen.

Ich habe bei den Beobachtungen Tag und mittlere Stunde angegeben; um sie sogleich vergleichbar zu machen hätte man sie auf denselben Tag und auf dieselbe Stunde reduciren müssen; es mangelte mir an Zeit zur Ausführung dieser Reduction, allein schon jetzt kann man gewisse Folgerungen übersehen, die aus der Gesammtheit dieser Bestimmungen natürlich hervorgehen.

1. Die Drehungen der Polarisationsebene, erzeugt durch Glassäulen mit geneigten Platten, sind mitten am Tage beständig gröfser wenn der Apparat gegen Westen gerichtet ist als wenn er gegen Osten gekehrt wird.

2. Der beobachtete Ueberschufs der Drehung scheint entschieden am Mittage, zur Zeit der Sonnenwende, ein Maximum zu seyn. Vor und nach der Mittagsstunde ist er kleiner, und um 4 Uhr wenig merklich.

3. Die aus den verschiedenen sehr vervielfältigten Beobachtungsreihen abgeleiteten Zahlenwerthe zeigen beträchtliche Unterschiede, deren Ursachen sich wohl vermuthen, aber noch nicht mit Sicherheit bestimmen lassen.

4. Die Werthe dieses Drehungsüberschusses, berechnet

mittelst Schlufsfolgerungen, bei denen man den Einflufs der Umlaufsbewegung der Erde in Betracht zog, stimmen ziemlich angenähert mit der Mehrzahl der aus den Beobachtungen abgeleiteten Zahlen.

5. Durch Vernunftschlüsse und Erfahrung ist man also zu der sehr wahrscheinlichen Annahme geführt, dafs das Polarisationsazimut des gebrochenen Strahls wirklich von der Bewegung des brechenden Mittels abgeändert wird, und dafs die Fortbewegung der Erde im Weltraum einen Einflufs dieser Art ausübt auf die Drehungen, welche die Polarisationsebene des Lichts durch geneigte Glassäulen erleidet.

Diese Versuche sollen fortgesetzt werden, mittelst eines Apparates, der nächstens fertig seyn wird, und der durch seine eigends auf diese Untersuchungen berechneten Einrichtungen verstatten wird, sie mit der ganzen Entwicklung zu verfolgen, welche die Wichtigkeit des Gegenstandes erheischt.

IV. *Ueber die Abhängigkeit der pseudoskopischen Ablenkung paralleler Linien von dem Neigungswinkel der sie durchschneidenden Querlinien; von F. Zöllner.*

Um die Beziehungen zwischen dem pseudoskopischen Ablenkungswinkel der parallelen Streifen in der früher von mir mitgetheilten Figur [1]) und den bereits dort angedeuteten Factoren näher zu untersuchen, habe ich folgende Vorrichtung construirt, deren ausführliche Beschreibung ich einer späteren Abhandlung vorbehalte.

An zwei gegenüberstehenden Seiten eines quadratischen Messingrahmens, welcher 212^{mm} Seitenlänge im Lichten, 12^{mm}

1) Diese Annalen Bd. CX, S. 500.

Breite und 7^{mm} Dicke hat, laufen diesen Seiten parallel und von gleicher Länge mit denselben zwei Stahlschrauben, deren Gewinde von der Mitte aus nach entgegengesetzten Seiten geschnitten sind. Hierdurch lassen sich mit jeder Schraube gleichzeitig und nach entgegengesetzten Richtungen zwei Messingstückchen mikrometrisch verschieben, von denen je zwei an den gegenüberstehenden Quadratseiten durch einen 234^{mm} langen und 5^{mm} breiten Messingstreifen beweglich verbunden sind. Diese beiden Messingstreifen können demnach vermittelst der besagten Schrauben parallel oder um einen beliebigen Winkel gegeneinander geneigt eingestellt werden.

Auf jedem dieser Messingstreifen sind in Abständen von je 23^{mm} 8 kleinere Streifen von 64^{mm} Länge und 5^{mm} Breite derartig angebracht, dafs man dieselben um feste Centren in der Ebene der Längsstreifen drehen und ihren jeweiligen Neigungswinkel zu den letzteren bestimmen kann. Die Enden dieser kleinen Streifen sind nicht abgerundet sondern geradlinig, so dafs die Form der letzteren die eines länglichen Rechtecks ist.

Der quadratische Rahmen ist an einem Stativ von Holz derartig befestigt, dafs man demselben verschiedene Richtungen zum Horizonte geben kann, um auch über die Abhängigkeit der Erscheinung von diesem Umstande durch quantitative Bestimmungen genügenden Aufschlufs zu erhalten.

Die Messungen mit dem beschriebenen Apparate wurden einfach in der Weise angestellt, dafs der Beobachter aus einer gewissen Entfernung die pseudoskopisch abgelenkten Längsstreifen so lange im entgegengesetzten Sinne dieser Ablenkung verstellte, bis er die Streifen parallel sah. Aus dem gemessenen Abstande der oberen und unteren Drehungspunkte der Längsstreifen wurde alsdann der pseudoskopische Ablenkungswinkel φ nach der Formel:

$$\operatorname{tang} \frac{\varphi}{2} = \frac{d}{2l}$$

berechnet, worin d die Differenz der gemessenen Abstände

und l den Abstand der Drehungsmittelpunkte eines Längsstreifens bedeutet. Dieser Abstand beträgt bei der beschriebenen Vorrichtung 231^{mm}.

Bei den Beobachtungen war die Vorrichtung so aufgestellt, daſs sich die Längsstreifen mit ihren schrägen Querstreifen auf einer dahinter befindlichen, gleichmäſsig angestrichenen Wand projicirten, so jedoch, daſs die Gleichmäſsigkeit des Grundes durch den Schatten des Apparates nicht beeinträchtigt wurde. Es kann dieſs sehr leicht dadurch bewerkstelligt werden, daſs man für diesen Zweck eine nicht dem Fenster gegenüberstehende Wand wählt. Noch besser wird dieser Zweck erreicht, wenn man die Hinterseite des Rahmens mit Papier überspannt und die Vorrichtung alsdann einem Fenster gegenüberstellt.

Die folgende Tabelle enthält nun eine Anzahl solcher Messungen, welche ich bei binocularer Betrachtung an mir selber angestellt habe.

Der zur Ebene des Rahmens verticale Abstand meiner Augen betrug bei allen diesen Messungen etwa 400^{mm}. Ebenso hatte die Vorrichtung stets eine solche Lage, daſs die Längsstreifen senkrecht standen.

Ueber jeder Columne ist der Neigungswinkel der stets nach oben convergirenden Querstreifen zu den Längsstreifen angegeben. Der Abstand der oberen Drehungspunkte (also der Mittellinien) der letzteren betrug bei allen Messungen gleichmäſsig 50^{mm}, so daſs man das d in der obigen Formel einfach durch Subtraction dieser Zahl von den bis auf Zehntel eines Millimeters in der Tabelle angegebenen Abständen der unteren Drehungspunkte erhält.

Vor jeder Einstellung wurde den Längsstreifen absichtlich eine sehr starke Ablenkung ertheilt und zwar so, daſs dieselben abwechselnd einmal nach oben, das andere Mal nach unten convergirten. Es geschah dieſs deshalb, um einen hieraus möglicher Weise resultirenden constanten Fehler zu eliminiren.

No. der Beobachtung	20°	30°	40°	40°	50°	60°
1.	61,0	65,8	61,5	60,8	56,5	53,2
2.	62,1	64,3	59,3	60,0	55,4	53,8
3.	59,2	64,1	61,3	60,3	56,2	52,7
4.	63,6	67,0	59,5	59,6	56,0	54,0
5.	61,8	64,7	61,0	61,4	55,8	52,2
6.	60,5	66,0	60,5	60,0	56,0	53,3
7.	60,5	65,4	60,8	60,8	56,2	53,1
8.	60,0	65,2	59,6	59,5	56,8	53,3
9.	58,8	66,3	60,9	60,2	55,6	53,0
10.	61,0	67,3	60,0	59,0	56,4	52,0
Mittel	60,86	65,61	60,44	60,16	56,09	53,08

Die beiden Beobachtungsreihen bei dem Neigungswinkel 40° sind an verschiedenen Tagen angestellt und zwar die erstere an einem Nachmittage, die zweite am Vormittage des darauf folgenden Tages. Wie man sieht ist die Uebereinstimmung der erhaltenen Mittelwerthe eine sehr befriedigende.

Nach dem oben Mitgetheilten ergaben sich hieraus für die verschiedenen Neigungen der Querstreifen folgende Werthe der pseudoskopischen Ablenkung (φ):

Neigung =	20°	30°	40°	40°	50°	60°
φ =	2° 40′	3° 50′	2° 34′	2° 30′	1° 30′	0° 46′

Aus diesen Werthen folgt, dafs die pseudoskopische Ablenkung für einen bestimmten Neigungswinkel der Querstreifen ein Maximum erreicht.

Ich behalte mir vor, demnächst mit Hülfe der beschriebenen Vorrichtung diesen Neigungswinkel, bei welchem für meine Augen das Maximum der Ablenkung eintritt, genauer zu bestimmen.

Dafs übrigens die Stärke dieser Ablenkung sehr wesentlich durch die Individualität des Beobachters bedingt wird, habe ich durch einige vorläufige Versuche festzustellen gesucht. Hr. Dr. H. batte die Güte bei einem Neigungswinkel von 30°, unter vollkommen denselben Bedingungen wie oben, sechs Einstellungen zu machen; als Mittel

hieraus ergab sich für den Abstand der unteren Drehungspunkte 59,45 und hieraus die pseudoskopische Ablenkung 2° 18′ während ich bei demselben Neigungswinkel nach dem Obigen den Werth 3° 50′ erhalten hatte. Aufserdem scheint die Farbe der Beleuchtung einen sehr merkwürdigen Einflufs zu haben, worüber ich demnächst Näheres mitzutheilen gedenke.

Schönweide im October 1861.

V. *Ueber die Bestimmung des specifischen und absoluten Gewichtes frisch gefällter Niederschläge; von Dr. G. v. Piotrowski,*

Professor der Physiologie an der Universität in Krakau.

Mêne[1]) bemühte sich eine Methode zu finden, mittelst derer er im Stande wäre, das absolute Gewicht frisch gefällter Niederschläge zu finden, und zwar durch Wägung solcher Niederschläge, nach deren Auswaschen mit destillirtem Wasser (durch Decantiren) in einem Pyknometer. Die Vortheile einer solchen Methode, namentlich was Zeitersparnifs (in technischer Beziehung besonders wichtig) anlangt, sind an sich klar. Ich würde der Methode vorwerfen, dafs sie noch zu sehr zeitraubend ist, wenn die Methode überhaupt theoretisch vorwurfsfrei wäre. Mohr[2]) hat es sich nicht verdriefsen lassen, Mêne's Arbeit einer genaueren Kritik zu unterwerfen, aus der hervorgeht, dafs Mêne's Methode nur bei Niederschlägen von sehr hohem specifischem Gewichte annähernd genaue Resultate liefert, sonst aber so gut wie unbrauchbar ist.

Fleck[3]) hat sich später mit derselben Aufgabe beschäftigt, jedoch dieselbe dahin erweitert, dafs er aufser dem absoluten Gewichte auch das specifische Gewicht frisch gefällter Niederschläge, und zwar beide gleichzeitig bestimmt.

1) *Comptes rendus* Juni 1858. Dingler's polytechnisches Journal Bd. 149.
2) Diese Annalen Bd. CXII, S. 420 und ff.
3) Diese Annalen Bd. CXIII, S. 160 und ff.

Die Methode ist theoretisch vorwurfsfrei, und dennoch gelangt Fleck zu dem Resultate, das specifische Gewicht des frisch gefällten Chlorsilbers sey 1,08 bis 1,10, ein Resultat, das allen anderweitigen Erfahrungen geradezu widerspricht, und gegen welches Mohr[1]) mit Recht sehr gewichtige Bedenken erhebt. Fleck's Methode ist, wie gesagt, theoretisch vorwurfsfrei —; die Fehlerquelle ist somit in der praktischen Ausführung zu suchen, und jeder, der sich mit dergleichen Arbeiten, wenn auch nur vorübergehend, beschäftigte, wird dieselbe alsbald finden: Fleck begnügt sich bei so heiklen Arbeiten das gleiche Volum zweier Flüssigkeiten nach einer Marke am Halse eines Kolbens, welcher Hals bis 1 Ctm. Durchmesser im Lichten wachsen darf, zu erzielen, während bei der Berechnung die Gröfse:

$$\frac{g - g_1}{s - s_1}$$

die Hauptrolle spielt, eine Gröfse, bei der es auf die möglichst genaue Bestimmung von g und g_1 um so mehr ankommt, als $s - s_1$ ein sehr kleiner Bruch ist.

Ich zweifle nicht, dafs Fleck's Methode genauere Resultate liefern würde, wenn statt des Kölbchens ein gröfseres Pyknometer angewendet werden möchte; dessen ungeachtet und besonders so lange Fleck's Methode in der bezeichneten Art praktisch nicht erhärtet ist, erscheint es mir nicht überflüssig auf eine von mir mit dem besten Erfolge angewandte, und bereits in den Verhandlungen der Krakauer wissenschaftlichen Gesellschaft[2]) niedergelegte Methode ein gröfseres Publicum aufmerksam zu machen, um so mehr, als meine Methode bei gröfster Genauigkeit sich durch ihre Einfachheit und die Leichtigkeit der Ausführung vor Fleck's Methode auszeichnet, wiewohl sie im Vergleiche mit Fleck's Methode den Nachtheil hat, dafs das specifische und absolute Gewicht getrennt bestimmt werden mufs, indem immer eine dieser Gröfsen als bekannt vorausgesetzt wird.

1) Diese Annalen Bd. CXIII, S. 655 und ff.

2) *Rocznikі k. Towarzystwa naukowego Krakowskiego.* T. V, str. 332. Zum Vortrage im März 1861 angemeldet.

Meine Methode ist einfach die: dafs ich in meinem Pyknometer den zu erforschenden Niederschlag erzeuge, wäge und in einem kleineren Pyknometer, nach vorhergehender Filtrirung, das specifische Gewicht der über dem Niederschlage stehenden Flüssigkeit bestimme; da ich das absolute Gewicht des Niederschlages kenne, indem ich diesen auf chemischem Wege leicht in beliebiger und bekannter Menge erzeugen kann, so ist es leicht, das specifische Gewicht des frisch gefällten Niederschlages zu berechnen; kenne ich dann das specifische Gewicht, so ist es leicht auf dieser Grundlage Gewichtsanalysen auszuführen. Die Gleichungen, die ich benutze, sind:

$$p + y = a$$
$$\xi + \zeta = b$$
$$\frac{p}{\xi} = z$$
$$\frac{y}{\zeta} = d$$

wobei die bekannten: p das absolute Gewicht des Niederschlages, a das absolute Gewicht des Niederschlages mehr das der im gröfseren Pyknometer darüberstehenden Flüssigkeit, b die Capacität dieses Pyknometers, d das specifische Gewicht der Flüssigkeit: hingegen die unbekannten: y das absolute Gewicht der Flüssigkeit, ξ das Volum des Niederschlages, ζ das Volum der Flüssigkeit, z das specifische Gewicht des Niederschlages bedeuten.

Daraus finden wir:

$$z + \frac{pd}{bd - a + p}.$$

Haben wir z so bestimmt, so nehmen wir diese Gröfse als bekannt $(= c)$ an, und setzen dafür $p = x$ als unbekannt voraus. Das ergiebt die Gleichungen:

$$x + y = a$$
$$\xi + \zeta = b$$
$$\frac{x}{\xi} = c$$

$$\frac{y}{\zeta} = d$$

und daraus

$$x = \frac{(a - b\,d)\,c}{x - d},$$

das heifst, das Resultat der Gewichtsanalyse.

Offenbar lassen sich die Gröfsen: y, ξ und ζ ebenso bestimmen; der Klarheit wegen führe ich ein Beispiel an:

In einem Pyknometer von 29,2725 CC. Rauminhalt (durch Wägung von Wasser bei beliebigen Temperaturen und Rectification nach Despretz Tabelle bestimmt) wägte ich eine Menge krystallisirten Chlorbariums ($BaCl + 2aq$); ich fand diese Menge 0,646 Grm.

Dieses Salz löste ich in etwas destillirten Wassers und versetzte die Lösung mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron im Ueberschusse, doch so, dafs im Pyknometer noch eine kleine Luftblase zurückblieb; den entstandenen Niederschlag ($BaO \, . \, SO_3$) liefs ich nun etwa eine Stunde bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen, klopfte dann leise mit dem Finger an das Pyknometer, um so die dem Niederschlage immer anhängenden Luftblasen zu entfernen, füllte darauf das Pyknometer mit destillirtem Wasser (2 bis 3 Tropfen sind erforderlich) vollständig an, und wägte dasselbe; so fand ich die Gröfse

$$a = 30{,}451 \text{ Grm.}$$

Hierauf filtrirte ich die Flüssigkeit vom Niederschlage ab, wobei ich die ersten Tropfen verloren gehen liefs, um den Einflufs der Porenwirkung des Filters auf die Dichtigkeit des Filtrates zu vermeiden, füllte mit dem Filtrate ein Pyknometer von

18,5091 CC.

Inhalt an, und wägte das Pyknometer; das Gewicht der Flüssigkeit [1]) war:

18,946 Grm.

1) Der Flüssigkeit setzte ich später noch Fällungsmittel zu, um mich zu überzeugen, ob wirklich alles Baryum gefällt war.

folglich deren specifisches Gewicht:

$$d = 1,0236.$$

Da ferner nach dem Vorhergehenden:

$$b = 29,2725 \text{ CC.}$$

und

$$p = 0,6169 \text{ Grm.}$$

waren, so finden wir

$$z = 4,8806.$$

Aus mehreren ähnlichen Versuchen fand ich im Mittel

$$z = 4,9522,$$

während das specifische Gewicht das Schwerspaths auf

4,5

angegeben wird; der frisch gefällte schwefelsaure Baryt ist somit dichter als der Schwerspath.

Zwischen beiden Wägungen zur Bestimmung von *a* und *d* verfliefsen nur einige Minuten; daher bleibt dabei die Temperatur so ziemlich dieselbe, und ich habe somit nur den Fehler, der durch Ausdehnung des Niederschlages (von 0 bis 20° C. etwa) entspringt, ein Fehler, der sicher bei meiner Arbeit, die vorzugsweise auf rasche Ausführung von Gewichtsanalysen abzielt, vernachlässigt werden kann. Nachdem ich so das specifische Gewicht des frisch gefällten schwefelsauren Baryts bestimmt hatte, ging ich an Gewichtsanalysen; — so löste ich im gröfseren Pyknometer:

0,9854 Grm.,

$BaCl + 2aq$, und fand

$$a = 30,5278 \text{ Grm.}$$

Das Gewicht der im kleineren Pyknometer enthaltenen Flüssigkeit

18,831 Grm.,

folglich

$$d = 1,01739,$$

darnach

$$x = 0,9391,$$

somit das Gewicht Baryum

0,5522 Grm.

oder im $BaCl + 2aq$,

56,038 Proc. Baryum,

statt wie diefs die Rechnung fordert

0,5533 Grm. Baryum

oder

56,148 Proc.,

d. h. ich fehlte (erhielt zu wenig) um

1,1 Mgrm.

oder

0,110 Proc.,

ein Resultat, welches durch die besten Methoden sich nicht genauer erzielen läfst, nur dafs ich mit einer derartigen Bestimung, wenn das specifische Gewicht des Niederschlages bekannt ist, in etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden fertig bin, die Zeit (eine Stunde), die ich den Niederschlag sich absetzen lasse, eingerechnet. Fast ebenso genaue Resultate erzielte ich mit AgCl und HgO Niederschlägen, wenn ich das specifische Gewicht von $AgCl = 5,5$, das von $HgO = 11,0$ setzte. Die Fehler dabei für AgCl (aus $BaCl + 2aq + AgO . NO_5$ erzeugt) waren im Durchschnitte

— 0,348 Proc.

auf

29,098 Proc. Ag,

für HgO (aus HgCl durch KO gefällt)

— 0,134 Proc.

auf

73,801 Proc. Hg.

Fehler, die um so geringer erscheinen, als ich das specifische Gewicht dieser Körper nicht erst bestimmte. Es erleidet somit keinen Zweifel, dafs das specifische Gewicht des frisch gefällten Chlorsilbers nahezu

5,5

ist.

Die Bestimmung von HgO wende ich mit bestem Erfolge bei Bereitung der salpetersauren Quecksilberoxydlösung zur Harnstofftitrirung an, indem ich dadurch die mühsame Bereitung von Harnstoff erspare und dennoch die möglichste Genauigkeit erziele.

VI. *Experimentelle und theoretische Untersuchung über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau.*

Fünfte Reihe[1]**).**

Neues Verfahren zur Darstellung der Gleichgewichtsfiguren — Druck einer flüssigen Kugelschale auf die darin enthaltene Luft. — Aufsuchung einer sehr kleinen Gränze, unterhalb welcher sich in einer besonderen Flüssigkeit der Werth des Radius der merklichen Thätigkeit molecularer Attraction befindet.

In der zweiten und vierten Reihe dieser Arbeit habe ich mein Verfahren der Eintauchung einer Oelmasse in ein Gemisch von Wasser und Alkohol angewandt auf einen Theil der Gleichgewichtsfiguren, welche einer flüssigen Masse ohne Schwere, im Zustande der Ruhe, zugehören. Dieses im Princip so einfache Verfahren bietet in der Praxis gewisse Schwierigkeiten dar, und es erfordert einige Uebung, um zu vollkommen regelmäfsigen Resultaten zu gelangen. In der gegenwärtigen Reihe gebe ich ein ganz anderes, viel einfacheres und bequemeres Verfahren an, das ganz frei von den Uebelständen des ersteren ist. Ich werde hierauf einen Theil der vielen Folgerungen, welche mir die Anwendung des neuen Verfahrens geliefert hat und die Principien, auf denen es beruht, auseinandersetzen.

Zuvörderst mufs ich bemerken, dafs das in ein alkoholisches Gemenge untergetauchte Oel sich leicht in dünne Häutchen *(lames)* verwandeln läfst. Ich zeige z. B. dafs man mit Vorsichtsmaafsregeln, die ich beschreibe, leicht in dem besagten Gemenge eine hohle Oelblase von mehr als 12 Centimetern Durchmesser erhalten kann, wenn man sie

1) *Mém. de l'acad. de Bruxelles. T. XXXIII*, im Auszuge: *Ann. de chimie et de physique Sér. III, T. LXII, p.* 210, der hier auf Wunsch des Hrn. Verf. mitgetheilt wird. Die vierte Reihe und der Nachweis zu den früheren Reihen befindet sich in diesen Annalen, Bd. CVII, S. 394.

mit demselben alkoholischen Gemisch aufbläst, wie man in der Luft eine Seifenblase erhält, wenn man sie mit Luft aufbläst.

Ich erinnere bei Gelegenheit dieser Oelhäutchen, daſs bei dem in meiner ersten Reihe beschriebenen Versuche, wo sich ein Oelring bildet, dieser Ring anfangs durch ein dünnes Blättchen mit dem centralen Apparat vereinigt bleibt, und ich gehe davon aus, um noch einmal zu zeigen, daſs jede aus diesem Versuch zu Gunsten einer kosmogonischen Hypothese gezogene Folgerung unstatthaft ist.

Nachdem ich somit die Leichtigkeit der Darstellung flüssiger, der Schwerkraft entzogener Häutchen festgestellt habe, beweise ich, daſs die Gleichgewichtsfiguren, welche den flüssigen Häutchen ohne Schwere angehören, identisch dieselben sind wie die der vollen und gleichfalls der Schwerkraft entzogenen flüssigen Massen. Man kann übrigens, ohne Hülfe der mathematischen Analyse, sich hinlänglich Rechenschaft von dieser Identität geben. Erinnern wir uns zu dem Ende eines Princips, bei dem ich in den früheren Reihen mehrmals verweilt habe: Wenn eine Fläche der allgemeinen Gleichgewichtsbedingung entspricht, so ist es gleichgültig, ob sich die Flüssigkeit diesseits oder jenseits dieser Fläche befindet; mit anderen Worten jeder convexen Gleichgewichtsfigur entspricht eine identische, concave. Nun aber können die beiden Seiten eines flüssigen Häutchens wegen der Dünnheit dieses, als identische Flächen betrachtet werden, die eine convex, die andere concav in Bezug auf die Flüssigkeit, welche das Häutchen bildet; es folgt also aus dem besagten Princip, daſs wenn eine dieser Seiten eine Gleichgewichtsfläche darstellt, es auch die andere thut, und daſs somit Gleichgewicht für das ganze Häutchen vorhanden ist.

Gesetzt nun, man könne in der Luft flüssige Häutchen ohne Schwere bilden; diese Schalen werden nothwendig dieselben Gestalten annehmen wie die in einem alkoholischen Gemisch gebildeten Oelhäutchen; nun sind die flüssigen Häutchen, die man in der Luft bildet, die Häutchen von Seifenwasser z. B., so dünn, daſs man die Wirkung

der Schwerkraft im Allgemeinen als unmerklich betrachten kann gegen die Molecularkräfte; wir müssen also in der Luft mit Häutchen von Seifenwasser oder einer ähnlichen Flüssigkeit dieselben Gleichgewichtsfiguren erhalten wie mit den Oelhäutchen in einem alkoholischen Gemisch, folglich, nach dem oben Gesagten, die Figuren, welcher einer vollen und unschweren flüssigen Masse zukommen; und darin besteht das Verfahren, welches ich andeutete.

Wir gelangen also zu der sonderbaren Folgerung, dafs man im grofsen Maafsstabe mit einer der Schwere unterworfenen und ruhenden Flüssigkeit alle die Gleichgewichtsfiguren darstellen kann, welcher einer flüssigen Masse ohne Schwere und gleichfalls in Ruhe zukommen.

Die Seifenblasen bieten ein erstes Beispiel von der Anwendung des erwähnten Verfahrens dar; isolirt in der Luft sind sie sphärisch, wie es eine volle Flüssigkeitsmasse ohne Schwere und frei von jeder Adhärenz seyn würde.

Allein die Häutchen, welche man mit einer blofsen Seifenlösung erhält, haben nur eine sehr kurze Dauer, wenigstens wenn sie nicht von einem Gefäfs umschlossen sind. Eine Seifenblase von 1 Decimeter Durchmeser, in der freien Luft eines Zimmers gebildet, hält sich selten zwei Minuten lang; es war daher wichtig, eine bessere Flüssigkeit aufzusuchen und ich bin so glücklich gewesen eine zu entdecken, die in freier Luft, unter Beibehaltung ihrer flüssigen Gestalt, Häutchen von merkwürdiger Dauerhaftigkeit liefert. Diese Flüssigkeit bildet sich durch Vermischen von Glycerin und Seifenwaser in gehörigem Verhältnifs. Ein sehr reines und sehr concentrirtes Glycerin verschafft man sich leicht und ohne sonderliche Kosten, wenn man es sich von London kommen läfst, wo man es z. B. bei Hrn. Bolton, 146, Holborn Bars findet. In einer Note am Schlusse dieser Abhandlung zeige ich, wie man mit dem gewöhnlichen Glycerin des Handels auch ziemlich gute Resultate erhalten könne.

Um das Gemenge zu bereiten, mufs man im Sommer operiren, wenn die äufsere Temperatur wenigstens 19° C.

ist. Man löst 1 Gewichtstheil Marseiller Seife, die vorher in dünne Stücken zerschnitten ist, bei gelinder Wärme in 40 Theilen destillirten Wassers auf, und filtrirt die Lösung, wenn sie erkaltet ist. Hierauf mischt man sorgfältig in einer Flasche durch starkes und anhaltendes Schütteln 2 Volumen Glycerin mit 3 Volumen der obigen Lösung, und läfst es stehen. Das im Moment der Bildung klare Gemenge trübt sich nach einigen Stunden; es entsteht ein leichter weifser Niederschlag, welcher mit ungemeiner Langsamkeit steigt, und nach mehren Tagen eine im oberen Theil der Flüssigkeit scharf abgeschnittene Schicht bildet. Man nimmt die flüssige Portion mittelst eines Hebers ab und die Bereitung ist beendet.

Die so erhaltene Flüssigkeit, welche ich *Glycerinflüssigkeit* nenne, giebt Häutchen von sehr grofser Dauerhaftigkeit; wenn man z. B. von dieser Flüssigkeit mittelst einer gewöhnlichen irdenen Pfeife eine Blase von 1 Decim. Durchmesser aufbläst, und in der freien Luft des Zimmers auf einen zuvor mit derselben Flüssigkeit benetzten eisernen Drahtring von 4 Centim. Durchmesser absetzt, so hält sich diese Blase, wenn sie vollkommen in Ruhe ist, drei volle Stunden lang.

Die Glycerinflüssigkeit hält sich wohl ein Jahr, dann zersetzt sie sich rasch. Ich habe keine Gasentwicklung dabei bemerkt; da indefs die Flüssigkeit organischer Natur ist, so wäre es nicht unwahrscheinlich, dafs zuweilen der Fall einträte; um ein mögliches Zerspringen der Flasche zu verhüten, thut man daher wohl, dieselbe nur durch einen locker aufgesetzten Korkstöpsel zu verschliefsen.

Ebenso wie die Häutchen von Seifenwasser sich in einem verschlossenen Gefäfs viel länger halten als in freier Luft, haben auch die Häutchen von Glycerinflüssigkeit, die schon an freier Luft dauerhafter sind, einen viel längeren Bestand, wenn sie von einem Gefäfs umschlossen sind, besonders wenn man gewisse Vorsichtsmaafsregeln trifft. Ein Beispiel davon wird man weiterhin sehen

Somit im Besitz einer Flüssigkeit, die leicht grofse und

recht dauerhafte Häutchen lieferte, gebrauchte ich sie, um alle Umdrehungs - Gleichgewichtsfiguren in Häutchenform darzustellen. Um bei dieser Auseinandersetzung nicht zu lang zu werden, begnüge ich mich damit die Darstellung des Cylinders zu beschreiben.

Dazu bedarf man eines Systems von zwei eisernen Drahtringen von 7 Centim. Durchmesser, ähnlich denen, welche ich in den früheren Reihen benutzte, nämlich einem unteren Ring mit drei kleinen Füfsen und einem oberen Ring, der durch eine Gabel an zwei diametralen gegenüberstehenden Punkten gehalten wird. Der Stiel dieser Gabel wird an einem Stativ befestigt, das sich sanft auf- und abschieben läfst. Nachdem man den ersten Ring mit seinen Füfsen auf einen Tisch gestellt, den zweiten in angemessener Höhe über ihm angebracht und beide mit der Glycerinflüssigkeit wohl benäfst hat, bläfst man eine Blase von etwa 10 Centim. Durchmesser auf, setzt sie auf den unteren Ring und nimmt die Pfeife fort. Hierauf senkt man den oberen Ring bis er die Blase berührt, die sogleich daran haftet; endlich hebt man langsam diesen Ring, und die Blase, die dadurch lothrecht ausgezogen wird, verliert immer mehr ihre seitliche Meridiankrümmung und verwandelt sich, bei einem gewissen Abstand der Ringe, in einen vollkommen regelmäfsigen Cylinder, jedoch mit convexen Grundflächen, wie die vollen Oelcylinder.

Man kann der Blase einen etwas gröfseren Durchmesser geben, aber wenn er zu grofs ist, gelangt man nicht mehr zur Cylinderform, entweder weil der beabsichtigte Cylinder seine Stabilitätsgränze überschreitet [1]), oder weil er, zwar noch diesseits dieser Gränze, sich derselben zu nähern anfängt; im letzteren Falle nämlich werden die gestaltenden Kräfte zu schwach, das geringe Gewicht des Häutchens übt einen merklichen Einflufs aus, und die Figur zeigt sich in ihrer unteren Hälfte mehr oder weniger aufgeschwollen und in der oberen Hälfte zusammengeschnürt. Der längste Cylinder, den man mit den angegebenen Ringen in regel-

1) Siehe den Auszug der zweiten Reihe, diese Annalen Bd. 55, S. 517.

mäfsigen Weise darstellen konnte, hatte eine Höhe von etwa 17 Centim.

Gesagt sey hier, dafs zum vollständigen Gelingen der Versuche die Ringe eine kleine Vorbereitung erfordern; sie müssen nämlich vorher schwach oxydirt worden seyn, dadurch, dafs man sie ein Paar Minuten in eine mit dem Vierfachen ihres Volums verdünnte Salpetersäure taucht, und darauf in reinem Wasser abspült.

Man wird in meiner Abhandlung finden, wie man die übrigen Figuren des Umdrehungsgleichgewichts, nämlich diejenigen, welche ich *Catenoïde, Unduloïde* und *Nodoïde* nenne[1]), ebenfalls im Laminarzustande darstellt.

Diese Versuche sind sehr niedlich; es gewährt ein besonderes Vergnügen diese zarten, fast auf mathematische Flächen reducirten Gestalten anzuschauen, die geschmückt sind mit den glänzendsten Farben und ungeachtet ihrer ungemeinen Zerbrechlichkeit lange Zeit bestehen. Eben diese Versuche lassen sich rasch und auf die bequemste Weise anstellen.

Ich schreite hierauf zu einer anderen Anwendung meines neuen Verfahrens. Man schaffe sich eine Sammlung von Drahtgerippen an, von denen jedes die gesammten Kanten eines Polyëders darstellt, z. B. eines Würfels, eines regelmäfsigen Octaëders, eines geraden Prismas mit dreiseitiger, fünfseitiger usw. Basis. Jedes dieser Gerippe wird, wie der obere Ring beim vorhergehenden Versuch, von einer an zwei seiner Kanten befestigten Gabel getragen; endlich müssen alle durch verdünnte Salpetersäure oxydirt worden seyn. Um eine Idee von den zweckmäfsigsten Dimensionen dieser Apparate zu geben, will ich sagen, dafs die Kanten meines kubischen Gerippes 7 Centim. lang sind, und dafs die Eisendrähte, welche es bilden, eine Dicke von etwas weniger als 1 Millim. haben. Aehnliche Gerippe habe ich schon bei den Versuchen meiner zweiten Reihe zur Darstellung flüssiger Polyëder angewandt.

Wenn man eins dieser Gerippe, mit Ausnahme des

1) Siehe den Auszug der vierten Reihe, diese Annalen Bd. CVII, S. 394.

oberen Theils der Gabel, vollständig in die Glycerinflüssigkeit eintaucht und darauf herauszieht, so begreift man, dafs die Adhärenz dieser Flüssigkeit zu den soliden Kanten die Bildung eines Systems von Häutchen veranlassen wird, welche das Innere des Gerippes einnimmt; und wirklich ist diefs der Fall. Allein, merkwürdig genug, hängt die Anordnung dieser Häutchen nicht von den Launen des Zufalls ab; vielmehr ist sie für jedes Gerippe vollkommen regelmäfsig und vollkommen bestimmt. Mit dem kubischen Gerippe z. B. erhält man unveränderlich ein System von zwölf Häutchen, die respective von den zwölf Drahtkanten ausgehen und alle in ein dreizehntes kleineres Häutchen von vierseitiger Gestalt auslaufen, welches die Mitte des Systems einnimmt.

Die solchergestalt in den polyëdrischen Gerippen sich bildenden Laminarsysteme haben die Bewunderung Aller erregt, denen ich sie gezeigt. Sie sind von einer vollkommnen Regelmäfsigkeit; die flüssigen Kanten, welche die Häutchen unter einander verbinden, haben eine aufserordentliche Zartheit und diese Häutchen entfalten nach einiger Zeit die reichsten Farben; endlich erfolgt die Anordnung dieser selben Häutchen nach einfachen und gleichförmigen Gesetzen, die ich in der folgenden Reihe vom theoretischen Gesichtspunkt aus untersuchen werde, und deren hauptsächlichsten folgende zwei sind:

1) In einer selben flüssigen Kante endigen nie mehr als drei Häutchen und diese bilden unter sich gleiche Winkel.

2) Wenn im Innern des Systems mehre flüssige Kanten in einem selben Punkte endigen, so sind es immer vier, die unter sich an diesem Punkte gleiche Winkel bilden.

Diese Laminarsysteme hatte ich schon durch ein ganz anderes Mittel im Innern des alkoholischen Gemisches gebildet, wie man aus meiner zweiten Reihe ersehen kann; allein sie sind dann viel weniger vollkommen und viel weniger leicht zu verwirklichen.

Ich gehe nun zu einem andern Gegenstand über. Es

ist wohl bekannt, dafs eine Seifenblase einen Druck auf die eingeschlossene Luft ausübt. In einer 1844 der *American Phil. Society* gemachten mündlichen Mittheilung hat Hr. Henry Versuche beschrieben, worin er diesen Druck durch die Höhe einer Wassersäule, welche ihm das Gleichgewicht hält, gemessen hat; ich glaube aber nicht, dafs seine Zahlen veröffentlicht worden sind. Ich betrachte die Sache aus theoretischem Gesichtspunkt in allgemeiner Weise und gelange zu folgendem Resultat: Bezeichnet ϱ die Dichtigkeit der die Blase bildenden Flüssigkeit, h die Steighöhe derselben Flüssigkeit in einem Haarröhrchen von 1 Millm. innern Durchmesser, d den Durchmesser der Blase und endlich p den von dieser Blase ausgeübten Druck oder genauer die Höhe der ihm das Gleichgewicht haltenden Wassersäule, so wird dieser Druck gegeben durch die Formel:

$$p = \frac{2 h \varrho}{d}.$$

Das Product $h\varrho$ ist, wie sich leicht beweist, proportional der Cohäsion der Flüssigkeit; der von einer Blase auf die innere Luft ausgeübte Druck ist also der Cohäsion der Flüssigkeit direct, und dem Durchmesser der Blase umgekehrt proportional.

Ich prüfte meine Formel in Bezug auf die Glycerinflüssigkeit durch den Versuch. Mein Apparat, der nur wenig abgeändert der des Hrn. Henry ist, erlaubt eine Blase aufzutreiben an der Mündung eines kleinen umgekehrten Trichters, der mit einem Wasser-Manometer communicirt. Ich mafs die Niveaudifferenz in beiden Schenkeln desselben mittelst eines Kathetometers und diefs letztere Instrument diente auch zur Messung der Durchmesser der Blasen. Man legte es zu dem Ende, horizontal, auf zweckmäfsige Träger.

Die Formel giebt

$$p d = 2 h \varrho,$$

was zeigt, dafs das Product des Drucks in den Durchmesser constant seyn mufs für eine selbe Flüssigkeit und eine selbe

Temperatur, weil unter diesen Umständen h und ϱ nicht variiren. Diese Constanz nun suchte ich zunächst zu prüfen. Die Messungen wurden an 10 Blasen gemacht, deren kleinste $7^{mm},55$, und deren gröfste $48^{mm},10$ im Durchmesser hielt, die sich also im Durchmesser beinahe wie 1 : 6 verhielten. Die Temperatur blieb zwischen 18°,5 und 20° C.

Das Mittel der für das Product pd erhaltenen zehn Werthe war 22,75. Abgerechnet die auf die beiden gröfssten Durchmesser bezüglichen, waren die Abweichungen vom allgemeinen Mittel wenig bedeutend, und wenn man sie nach steigender Gröfse der Durchmesser ordnete, erkannte man, dafs diese kleinen Unterschiede unregelmäfsig vertheilt waren. Die beiden Werthe, welche Ausnahme machten, waren 20,57 und 26,45 und man sieht, dafs der erste unter und der zweite über dem Mittel liegt. Da die übrigen acht eine merkwürdige Uebereinstimmung zeigten, so glaubte ich die erwähnten zwei, als mit zufälligen Fehlern behaftet, verwerfen, und das Mittel aus den acht übereinstimmenden Werthen als Werth des Products pd für die Glycerinflüssigkeit annehmen zu können.

Es erübrigte noch, den so aus dem Versuch abgeleiteten Werth des Products pd mit dem von unserer Formel gelieferten zu vergleichen. Zu dem Ende mufste man, für die Temperatur bei den obigen Versuchen, die Dichtigkeit ϱ und die Steighöhe h der Glycerinflüssigkeit bestimmen. Diefs geschah mit den bekannten Vorsichtsmaafsregeln und so fand ich $\varrho = 1,1065$ und $h = 10^{mm},018$. Man hat folglich $2h\varrho = 22,17$, wenig verschieden von der Zahl 22,56, welche mir der Versuch gegeben hatte; die Uebereinstimmung wird noch genügender erscheinen, wenn man erwägt, dafs diese beiden Zahlen aus respective ganz verschiedenen Elementen hergeleitet sind. Die Formel

$$p = \frac{2h\varrho}{d}$$

kann also als scharf bestätigt durch den Versuch angesehen werden.

Die Genauigkeit dieser Formel setzt indefs voraus, dafs

das Häutchen, welches die Blase bildet, in allen seinen Punkten keine geringere Dicken habe als das Doppelte des Radius der merklichen Thätigkeit der Molecular-Attraction. In der That ist der auf die innere Luft ausgeübte Druck die Summe der Wirkungen, die einzeln von den beiden Flächen des Häutchens ausgeübt werden; anderseits weiſs man, daſs bei einer vollen Flüssigkeitsmasse der Capillardruck der Flüssigkeit auf sich selbst ausgeht von allen Punkten einer oberflächlichen Schicht, die zur Dicke den erwähnten Thätigkeitsradius besitzt. Wenn also das Häutchen an allen Punkten geringere Dicken als das Doppelte eben dieses Radius besitzt, so haben die oberflächlichen Schichten seiner beiden Seiten nicht ihre vollständige Dicke, und da demnach die Anzahl der in jeder dieser Schichten enthaltenen Molecüle verringert ist, so müssen dieselben Schichten nothwendig weniger starke Wirkungen ausüben. Die Summe dieser Wirkungen, d. h. der Druck auf die innere Luft, muſs also kleiner seyn als es die Formel angiebt.

Daraus leitete ich eine geeignete Methode ab, um zu einem genäherten Werth des besagten Activitätsradius zu gelangen oder wenigstens zu einer äuſserst kleinen Gränze, unterhalb welcher dieser Radius sich befindet. Wenn man, nachdem eine kleine Blase an der Mündung des Trichters meines Apparates aufgeblasen worden, es so macht, daſs sie eingeschlossen ist in einen kleinen Glasbecher, so zeigt sich immer ein merkwürdiges Phänomen. Beobachtet man sie nämlich nach einiger Zeit, indem man das Auge in der Höhe ihres Centrums hält, so sieht man einen groſsen, nahezu kreisrunden Raum von einer gleichförmigen Farbe, umgeben von schmalen concentrischen Ringen, die anders gefärbt sind; daraus darf man schlieſsen, daſs von diesem Punkte an das Häutchen eine beinahe gleichförmige Dicke in der ganzen Ausdehnung der Blase habe, abgerechnet, wohl verstanden, den ganz unteren Theil, wo immer eine kleine Anhäufung der Flüssigkeit stattfindet; die Farben der Ringe, welche den centralen Theil umgeben, entspringen offen-

bar aus der Schiefe des Sehens. Diese Thatsache einer gleichförmigen Dicke hat schon Newton auf halbkugelförmigen Blasen von Seifenwasser bemerkt, aber bloſs als zufällig. Von dem Moment an, wo die Blase dieses Ansehen zeigt, hält sie sich, bis sie platzt; nur variiren die respectiven Farben des centralen Raums und der Ringe allmählich, indem sie in der Farbenreihe der Newton'schen Ringe aufsteigen, woraus folgt, daſs das Häutchen fortwährend dünner wird, aber überall gleichmäſsig ausgenommen, immer die kleine Portion ganz unten.

Wenn nun, nachdem das Häutchen eine gleichförmige Dünnheit angenommen hat, der auf die innere Luft ausgeübte Druck eine Verringerung erlitte, so würde diese vom Manometer angegeben werden, und man würde sie in continuirlicher Weise bis zur äuſsersten Verdünnung des Häutchens fortschreiten sehen. In diesem Falle würde die Dicke, welche das Häutchen bei anfangender Verminderung des Drucks besäſse, sich bestimmen lassen aus der Farbe, welche in diesem Moment der centrale Raum zeigte, und die Hälfte dieser Dicke wäre der Radius der merklichen Activität der Molecular-Attraction. Wenn dagegen der Druck constant bliebe bis zum Zerplatzen der Blase, so würde man aus der Farbe des centralen Raums auf die endliche Dicke schlieſsen können, und die Hälfte dieser Dicke würde wenigstens eine sehr enge Gränze darstellen, unterhalb welcher der besagte Radius sich befände.

Ich habe diese Methode anzuwenden versucht. Mittelst einer Reihe von Vorsichtsregeln, die ich in meiner Abhandlung angebe, gelang es, eine an der Mündung des kleinen Trichters aufgeblasene und durch den Glasbecher geschützte Blase von 2 Centim. Durchmesser fast drei Tage lang zu bewahren, und als sie platzte, war sie beim Uebergang des Gelb zum Weiſs erster Ordnung angelangt. Die Wasserspiegel des Manometers hatten während dieser Zeit kleine Schwankungen erlitten, bald in dem einen, bald in dem andern Sinn, doch zuletzt im Sinne einer Zunahme des Drucks. Aus Gründen, die ich in meiner Abhandlung entwickle,

können diese Schwankungen nicht Temperaturveränderungen zugeschrieben werden, wenigstens nicht ganz; und ich glaube annehmen zu können, dafs die fortwährende Verringerung der Dicke der Häutchen keine Abnahme des Drucks herbeigeführt hatte. Die endliche Dicke war also vermuthlich noch gröfser als das Doppelte des Radius der Molecular-Attraction.

Mittelst der von Newton gegebenen Zahlen und des Brechungsindexes der Glycerinflüssigkeit, der nach einer Bestimmung 1,377 betrug, fand ich durch Rechnung die endliche Dicke des Häutchens $= \frac{1}{8811}$ Millimeter. Die Hälfte dieser Gröfse, oder $\frac{1}{17622}$ Millimeter stellt also, nach meinem Versuch, diese Gränze dar; um mich jedoch lieber darüber zu stellen, nehme ich $\frac{1}{17000}$ an.

So gelange ich also zu dem sehr wahrscheinlichen Schlufs, dafs bei der Glycerinflüssigkeit der Radius der merklichen Activität der Molecular-Attraction geringer als $\frac{1}{17000}$ Millimeter ist. Ich gedenke diese Untersuchung fortzusetzen, um wo möglich bis zum Schwarz zu gelangen und somit die Frage über die Veränderungen des Manometers aufzuhellen.

VII. *Ueber eine Benutzung des Violinbogens zur Hervorbringung der harmonischen Töne einer Saite; von Dr. F. Melde.*

Der 81. Band dieser Annalen (1850) enthält einen Aufsatz von Hrn. J. Antoine unter dem Titel »Ueber vielfache Resonanz, optische Phänomene durch schwingende Körper und Theorie des Violinbogens«, worin der Verfasser auch die Methoden aufzählt, die man früher und später erfunden hat, zur Hervorbringung der harmonischen Saitentöne. Unter diesen Methoden erwähnt der Verfasser einer, deren Wesen darin besteht, dafs einer Saite *durch directes Streichen mit dem Violinbogen* ohne dafs jene an irgend einer Stelle mit dem Finger berührt oder mittelst eines Steges unterstützt wird, die harmonischen Töne entlockt werden. In dieser Beziehung äufsert sich der Verfasser an einer Stelle folgendermafsen: »Streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, indem man dabei Geschwindigkeit und Druck ändert, so erhält man nach einigen Versuchen zuletzt einen hohen Ton von grofser Reinheit. Sobald dieser Ton voll ist, kann man ihn leicht, so lange wie man will, unterhalten, selbst wenn man den Druck des Bogens bedeutend erhöht. Auf diese Weise kann man einer Saite die ungeraden harmonischen Töne entlocken«. Hierauf an einer andern Stelle: »Man erhält auch die geraden Abtheilungen, wenn man in gehöriger Entfernung von den Knoten, welche man bilden will, den Bogen geschickt hinführt. Man erleichtert das Gelingen des Versuchs, wenn man nur einen Augenblick einen der Knoten berührt«.

Dafs man durch directes Streichen mittelst des Violinbogens unter Aenderung der Geschwindigkeit und des Drucks, einer Saite harmonische Töne entlocken kann, ist wohl schon längst bekannt. Nicht bekannt sind dagegen die genauen Bedingungen, unter welchen es gelingt durch directes

Streichen allein, nicht einen harmonischen Ton, sondern diesen oder jenen *bestimmt verlangten* hervorzubringen. Diese Frage hat Hr. Antoine meines Erachtens in genannter Arbeit berührt, aber doch nur wenig zu ihrer Lösung beigetragen; wenigstens habe ich mich namentlich bei langen Saiten von der Wahrheit seiner Mittheilungen nicht überzeugen können, vorausgesetzt, daſs ich streng jede Berührung mit dem Finger vermied, da ja dann von einer Erregung durch directes Streichen nicht die Rede seyn kann.

Im Folgenden werde ich zeigen, wie in einer bestimmten Weise die gestellte Aufgabe gelöst werden kann.

Das Haarband des Violinbogens besitzt die Fähigkeit zweierlei Schwingungsarten auszuführen, nämlich Transversal- und Longitudinalschwingungen, wobei es einmal eine Reihe von Transversaltönen, das anderemal eine Reihe von Longitudinaltönen liefert. Die Longitudinaltöne entlockt man ihm, sobald man das Haarband zwischen zweien mit Colophonium bestrichenen Fingern reibt, oder auch indem man den Violinbogen über ein Stück Colophonium, mit Anwendung eines ziemlich starken Drucks, hinführt. Die Transversaltöne werden dadurch erhalten, daſs man einen Violinbogen mit einem zweiten ebenso, wie eine Saite eines Streichinstrumentes anstreicht, und hierbei die Länge des Haarbandes durch einen untergesetzten Steg oder einen untergehaltenen Finger vergröſsert oder verkleinert. Ich habe gefunden, daſs man diese Transversaltöne des *Bogens* auch dann ganz deutlich erhält, sobald man über eine Saite (am besten eine Metallseite) nicht in der gewöhnlichen Weise streicht, sondern so, daſs hierbei ein und dieselbe Stelle des Bogens nach und nach auf andere Stellen der Saite gelangt und wobei der Bogen, entweder einen rechten oder auch einen nicht allzuschiefen Winkel mit der Saite bildend, parallel mit sich selbst fortgeführt wird. Die Fig. 3 u. 4, Taf. III soll diese Streichart näher versinnlichen: ab stellt eine ausgespannte Saite, $\alpha\beta$ den Violinbogen vor, der etwa aus der Lage $\alpha\beta$ in die von $\alpha_1\beta_1$ parallel mit sich selbst übergeführt wird. Verkürzt man

hiebei die Länge des Haarbandes nach und nach, mittelst der Finger der streichenden Hand, so kann man dem Bogen die Gesammtreihe der Transversaltöne entlocken, wobei die Länge der Saite *ab* ganz gleichgültig bleibt. Dafs auf diese Weise dem Violinbogen Transversaltöne entlockt werden, begreift man leicht, da ja bei einer solchen Führung des Bogens, die Saite die Rolle eines zweiten Violinbogens vertritt.

Eine eigenthümliche Wechselwirkung zwischen den Schwingungen des Bogens und denen der Saite wird aber sofort bei dieser Art des Streichens bemerkt. Nämlich folgende: Gesetzt die Saite gäbe unter ihren harmonischen Tönen auch einen der gleich *c*: greift man nun vom Haarband des Bogens ein Stück ab, dessen Transversalton ebenfalls gleich *c*, und streicht mit diesem Stücke Bogen in der beschriebenen Reihe über die Saite, so tönt nun der harmonische Ton *c* dieser letzteren nach. Was hier beispielsweise bei einem bestimmten Tone *c* eintrat, tritt allgemein ein, *sobald der Ton eines abgegränzten Bogenstücks unisono klingt mit einem harmonischen Tone der Saite.* Ist der Einklang nicht vorhanden, so erregt man nur den Bogenton, aber nicht den der Saite. Der Grund hiervon ist folgender: bei der beschriebenen Führung des Bogens macht dieser Transversalschwingungen, diese wirken wieder rückwärts auf die Saite und suchen sie in isochrone Schwingungen zu versetzen; was aber nur dann möglich ist, wenn ein aliquoter Theil der Saite vorhanden, der dieselbe Anzahl von Schwingungen ausführen kann wie das Bogenstück, d. h. wenn ein aliquoter Saitenton existirt, der unisono mit dem Tone des Bogens ist.

Wählt man eine sehr lange Stahlsaite (etwa 30 bis 40 Fufs lang) so bemerkt man, dafs fast bei *jedem* Stücke des Bogens ein aliquoter Saitenton mächtig nachklingt, weil eben unter der grofsen Menge von Aliquottönen, die eine so lange Saite zu geben vermag, wohl immer einer ist, der mit dem Tone des abgegränzten Bogenstücks vollständig oder doch sehr nahe unisono klingt. Man bemerkt hiebei

ferner, dafs, wenn die Saite unter ihren *Longitudinaltönen* einen oder mehrere besitzt, die mit einem aliquoten Transversalton unisono klingen, in diesem Falle der betreffende Saitenton von weit gröfserer Intensität ist als im entgegengesetzten Falle.

Es soll diesen Mittheilungen keineswegs etwa ein practisches Interesse beigelegt werden, wiewohl bei einer sehr langen Saite diese Methode, die Aliquottöne zu erregen, mir sehr vortheilhaft erscheint; aber jedenfalls liefern sie einen Beitrag zur Theorie des Violinbogens, dem ja schon von mancher Seite Aufmerksamkeit geschenkt wurde, ohne dafs man bis jetzt zu einer genauen Einsicht der Wirkungsweise desselben, sobald nicht blofs der in der Musik gebräuchliche Strich allein berücksichtigt wird, gelangt sey.

Marburg den 2. December 1861.

VIII. *Beitrag zur Kenntnifs der Krystallformen einiger Oxyde; von A. E. Nordenskjöld.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Oefvers. af K. Vetensk. Acad. Förhandl.* 1860.)

I. Eis, $\dot{H}$.

Theils wegen der Gestalt der Schneesterne, theils wegen des Verhaltens des Eises im polarisirten Licht, hat man angenommen, das Eis krystallisire im hexagonalen Systeme. Das Ansehen der kleinen Krystalle, aus denen z. B. der auf Fensterscheiben abgesetzte Reif besteht, hat mich indefs schon längst bezweifeln lassen, dafs diefs die einzige Krystallform des Schnees oder Eises sey, und ich ergriff daher mit Begierde die erste sich mir darbietende Gelegenheit, diesen interessanten Gegenstand aufzuklären. Hierzu eignete sich die am Schlusse des Jahres 1860 eingetretene, ziemlich

starke Kälte besonders gut, und ich nahm mir daher vor, während dieser Zeit die auf verschiedene Weisen entstandenen Krystalle von Schnee und Eis mikroskopisch zu untersuchen.

So weit sich aus den unvollkommnen und, wegen der leichten Schmelzbarkeit des Eises, schwer zu handhabenden Krystallen beurtheilen läfst, kommen Schnee und Eis in zwei mit einander nicht vereinbarlichen Krystallformen vor, nämlich in:

1. Sechsseitigen, optisch einaxigen Prismen.

Der bei starker Kälte niederfallende Schnee erweist sich unter dem Mikroskop meistens bestehend aus theils ganz unregelmäfsigen Krystallverwachsungen, theils regelmäfsigen, optisch einaxigen Prismen. (Taf. III, Fig. 5). Mehrentheils sind diese nur von Prismen und Endflächen begränzt und nur ganz selten sind die horizontalen Kanten an einem Ende der Krystalle durch Pyramidenflächen (Taf. III, Fig. 6) abgestumpft. Nach ganz unsicheren Messungen wären die Winkel

$$\mu : \varrho = 129^\circ,1$$ [1]
$$\mu : \sigma = 150\ ,3$$
$$\mu : \tau = 170\ ,7$$

Nimmt man an $t = 4p$, $s = p$, $r = \frac{1}{2}p$, $m = \infty p$, so würden diese Winkel geben:

$$a : c = 1 : 1{,}617,$$

welches Axenverhältnifs den Winkeln 128° 57′, 148° 14′ und 171° 13′ entsprechen würde. Nimmt man dagegen an m, r, s, t seyen Pyramiden und Prismen von anderer Ordnung, so würde $a : c = 1 : 1{,}400$. Dieses Axenverhältnifs

1) Diese, wie die meisten der weiterhin angeführten Winkel sind unter dem Mikroskop gemessen mittelst einer im Brennpunkt gelegenen und um die Axe des Instrumentes drehbaren Glasscheibe mit darauf gezogenen Parallelstrichen (einem gewöhnlichen Mikrometer), welche mit einem getheilten Kreisbogen in gehöriger Verbindung stehen. Auf eine grofse Genauigkeit können folglich diese Messungen keinen Anspruch machen, besonders da die Krystalle zerfliefslich oder sonst leicht zerstörbar waren.

und diese Winkelwerthe sind indefs aus angegebenen Ursachen ganz unsicher.

Die in sehr kleiner Anzahl von mir untersuchten Krystalle, an welchen Pyramidenflächen bemerkt werden konnten, schienen hemimorph zu seyn. Sie wurden nämlich an der einen Seite nur von der basischen Ebene begränzt, an der anderen Seite dagegen von der basischen Ebene und von Pyramidenflächen. Da die Erfahrung gelehrt hat, dafs die meisten, vielleicht alle, hemimorphen Krystalle beim Erwärmen und Erkalten an gewissen Punkten positive und an andern negative Elektricität zeigen, so könnte die Hemimorphie der Eisstelle möglicherweise für die Erklärung einer Menge optischer Phänomene in der Atmosphäre sehr wichtig seyn.

Die eben angeführten Beobachtungen stimmen ganz gut in der Beschreibung, welche J. Smithson schon 1823 von der Krystallform der Hagelkörner gegeben hat[1]). Er sagt nämlich, an ihnen doppelt sechsseitige, blofs an einem Ende abgestumpfte Pyramiden bemerkt zu haben, deren Flächen einen Winkel von ungefähr 80° mit einander bildeten. Nach dem eben angegebenen, ungefähren Axenverhältnifs würde 2 C. bei r seyn = 77° 54'. Smithson bemerkt auch, dafs die Krystalle hemimorph seyen und in Folge dessen wahrscheinlich pyroelektrisch.

Durch einen Zufall hatte ich Gelegenheit, auch auf andere Weise entstandene, ausgezeichnet schöne und ganz regelmäfsig ausgebildete Eiskrystalle zu beobachten. Eine Schublade mit Mineralien, eingepackt in feuchtes Löschpapier, war einer starken Kälte ausgesetzt worden. Als die Mineralien ausgepackt wurden, fand ich ein Theil der Stufen umgeben von Krystallgruppen, bestehend aus ziemlich grofsen (8^{mm} langen) wasserklaren, von spiegelnden Flächen begränzten sechseitigen Eisprismen, ähnlich Krystallen von farblosem Apatit. Leider waren aber diese Krystalle wenig dauerhaft. Pyramidenflächen konnten an ihnen nicht bemerkt werden.

1) *Ann. of Philosophy. New Ser. Vol. V, p.* 340.

Der bei einer Temperatur von nahe 0° niederfallende Schnee bildet bekanntlich meistens ausgezeichnet schöne sechsseitige Sterne und Kreuze von der mannigfaltigsten Gestalt. Untersucht man sie in polarisirtem Licht, so findet man, dafs sie optisch einaxig sind und dafs die optischen Axen winkelrecht auf der Ebene der Schneesterne stehen. Sie gehören folglich zum hexagonalen System und ihre schönen regelmäfsigen Formen sind entstanden durch eine ungewöhnlich regelmäfsig wiederholte Mifsbildung der gewöhnlichen sechsseitigen Prismen.

2. Rechtwinkligen, von Hexaïdflächen begränzten Prismen, die entweder zum rhombischen oder vielleicht quadratischen Systeme gehören.

Bei einer Temperatur der äufseren Luft von — 8° bis — 12° hatten sich die Fensterscheiben eines + 4° warmen Hausflurs bedeckt mit einer dicken Lage von Reif (nicht Eis), bestehend aus lauter kleinen, rechtwinkligen, meist wie die gewöhnlichen Kochsalzhexaëder hohlen Parallelepipeden (Fig. 7 und 8, Taf. III). Diese konnten unmöglich dem hexagonalen System angehören, sondern mufsten seyn: entweder quadratische Prismen, abgestumpft durch basische Endflächen, oder, wie sich aus der Ausbildung der Krystalle schliefsen liefs: Hexaïde, die zum rhombischen System gehören. Einige andere deutliche Flächen als Flächenpaare konnten nicht bemerkt werden und folglich hatte man keine Data zur Berechnung der Axen. Die Krystalle waren parallel mit den Prismenkanten gestreift und polarisirten wenigstens die durchgehenden Lichtstrahlen, welche einen Winkel mit der Längsaxe bildeten. Sie waren folglich nicht durch Verlängerung oder Mifsbildung von zum regulären System gehörigen Hexaëdern entstanden. Abgesehen von einigen wenigen sechsseitigen Prismen, die auch unter den oben beschriebenen Parallelepipeden eingemengt vorkamen, konnte man nicht bemerken, dafs sie unter Winkeln von 120° oder 60° mit einander gruppirt waren, und sie konnten sich also auch, wie die rechtwinkligen Abstumpfungen eben-

falls zeigten, nicht bilden als Wände zu gröfseren, hohlen, sechseitigen Prismen.

II. Ceroxyduloxyd, $\dot{\mathrm{Ce}}\ \dddot{\mathrm{\bar{C}e}}$.

Zu den unten angeführten Versuchen wurde Cerchlorür angewandt, welches von Mosander dargestellt und mit »mufs rein seyn« bezeichnet worden war. Das aus diesem Chlorür durch Glühen des Hydrats gebildete Oxyd war ein fast weifses, schwach ins Ziegelrothe spielendes Pulver. Ungefähr 2 Grm. dieses Pulvers wurden mit einer geringen Menge Borax 24 Stunden lang in einem Rörstrand'schen Porzellanofen [1]) geschmolzen. Das Geschmolzene war nach dem Erkalten eine poröse, schwach ins Gelbe spielende Masse, welche sich schon mit blofsem Auge als ein Aggregat von lauter kleinen Krystallen erkennen liefs. Als diese Masse mit Salzsäure behandelt wurde, zerfiel sie zu einem schweren Krystallpulver. Die Krystalle waren farblos und durchsichtig; sie gehörten zum *regulären System*.

Sie waren begränzt von O, ∞ O ∞ und ∞ O, und bildeten, wie Fig. 9, Taf. III zeigt, einen ganz vollkommen ausgebildeten Mittelkrystall. Die Hexaëderkanten waren oft abgestumpft durch schwach ausgebildete Dodecaëderflächen.

Die Krystalle veränderten ihr Gewicht nicht durch starkes Glühen in einem offenen Tiegel. Sie waren vollkommen unlöslich in Salzsäure, bildeten aber nach langer Digestion mit Schwefelsäure eine brandgelbe Salzmasse, welche, behandelt mit Salzsäure und Alkohol (zur Reduction des Ceroxyds), sich gröfstentheils löste. Als 1,1177 Grm. auf diese Weise behandelt wurden, blieben 0,4235 Grm. ungelöst. Die Lösung gab mit Ammoniak einen, auch nach dem Glühen, schwach schwefelsäurehaltigen Niederschlag, welcher nach langem Glühen im offenen Tiegel, nachdem der hinterher bestimmte geringe Gehalt von Schwefelsäure abgezogen worden, 0,7227 Grm. wog. Das Ungelöste hielt

1) Durch Anwendung der durch diese Oefen erhaltenen starken und anhaltenden Hitze ist es mir auch geglückt, andere bisher blofs im amorphen Zustand bekannte Oxyde in Krystallen darzustellen.

nach dem Glühen keine Schwefelsäure und erwies sich als unveränderter Stoff. Im Fall man annimmt, dafs das geglühte Ceroxydhydrat oxydulfrei war, hätten also 0,6942 Grm. des Stoffs 0,7227 Grm. Ceroxyd gegeben, entsprechend 104,1 Proc. Hundert Theile $\dot{\mathrm{Ce}}\,\dddot{\mathrm{Ce}}$ entsprechen 104,8 $\dddot{\mathrm{Ce}}$. Da der geringe Unterschied von 0,7 Proc. leicht davon herrühren kann, dafs das geglühte Ceroxydhydrat nie vollkommen oxydulfrei ist, so scheint die Zusammensetzung des Stoffs zu seyn: $\dot{\mathrm{Ce}}\,\dddot{\mathrm{Ce}}$.

Das specifische Gewicht fand sich durch zwei Bestimmungen zu

6,942 und 6,931 bei 15°,5.

Eine andere Schmelzung, wozu auch ein von Mosander dargestelltes Ceroxyd angewandt wurde, gab ebenfalls in Salzsäure unlösliche, schwach ziegelrothe Krystalle von 7,092 spec. Gew. bei 14°,5.

III. Lanthanoxyd, $\dot{\mathrm{La}}$.

Zu dem Versuche diente kohlensaures Lanthanoxyd, welches nach Mosander's Tod im Laboratorium vorgefunden ward und bezeichnet war mit: »so rein wie es sich erhalten läfst«. Nach starkem Glühen bildete es ein ganz weifses, in Salzsäure leicht lösliches Pulver.

Als dieses Pulver zu Rörstrand mit Borax zusammengeschmolzen, und das Product eine längere Zeit hindurch mit warmem Wasser behandelt wurde, blieb ein stark glänzendes, sich schwach ins Braune ziehendes Krystallpulver ungelöst. Bei mikroskopischer Untersuchung zeigte sich dieses bestehend aus regelmäfsig gebildeten, sechsseitigen, durch eine sechsseitige Pyramide abgestumpften Prismen, denen andere, der Länge nach gestreifte, weniger regelmäfsig ausgebildete Krystalle eingemengt waren. Die Krystalle waren zu klein, um mechanisch von einander gesondert werden zu können. Die chemische Analyse der bei verschiedenen Versuchen erhaltenen Krystalle (wobei die Masse in schwacher Salzsäure gelöst und das Lanthan-

oxyd aus der sauren Lösung durch Oxalsäure gefällt wurde) zeigte einen mit der Menge der gestreiften Krystalle zunehmenden Borsäuregehalt, der zwischen 1 und 9,5 Proc. schwankte. Die gestreiften Krystalle bildeten deutlich ein basisch borsaures Salz, wahrscheinlich, wie das entsprechende Didymsalz, zusammengesetzt nach der Formel $La^6 \dddot{B}$; die mit einer sechsseitigen Pyramide abgestumpften sechsseitigen Prismen scheinen dagegen reines Lanthanoxyd zu seyn. Diese Krystalle gehörten indefs, wie die optische Untersuchung zeigte, nicht zum *hexagonalen*, sondern zum *rhombischen* Systeme.

$$a : b : c = 1 : 0{,}5658 : 0{,}6863 \text{ (angenähert).}$$

Die Krystalle (Fig. 10, Taf. III) waren begränzt von:

$$\infty p(m),\quad \infty \breve{p} \infty (a),\quad p(o),\quad 2 \breve{p} \infty (r)$$

$$m : m' = 121^\circ$$
$$m : a = 119 \tfrac{1}{2}$$
$$\alpha : \beta = 140\ 30'$$
$$\beta : \beta' = 70\ 0'$$

Das specifische Gewicht eines Pulvers, welches fast ausschliefslich aus den eben beschriebenen Krystallen bestand, folglich wenig eingemengtes $\dot{L}a^6 \dddot{B}$ enthielt, war 5,296 bei 16°.

Die Krystalle hydratisirten sich nicht, selbst nicht nach mehrtägiger Behandlung mit warmem Wasser, lösten sich aber leicht und vollständig in Salzsäure.

IV. Didymoxyd, $\dot{D}i$.

Beim Versuche, auf zuvorbeschriebene Weise krystallisirtes Didymoxyd darzustellen, konnte ich kein befriedigendes Resultat erhalten. Bei einer Schmelzung, zu der auch ein von Mosander dargestelltes Oxyd angewandt wurde, erhielt ich nur ziemlich grofse, der Länge nach gestreifte, schön himbeerrothe Krystalle, ganz ähnlich den zuvor beschriebenen Krystallen von borsaurem Lanthanoxyd. Sie hatten bei 14° ein specifisches Gewicht von 5,825 und enthielten nur 90,9 Proc. Didymoxyd. Ihre Zusammensetzung

müfste folglich der Formel $\dot{Di}^6 \dddot{B}$ entsprechen. Bei einer anderen Schmelzung erhielt ich ein weniger schöngefärbtes, graurothes Krystallpulver, welches nur 87 Proc. $\dot{Di}$ enthielt. Durch langes und starkes Glühen des Didymoxyds für sich, konnten auch nicht einige Krystalle erhalten werden (wie es mit Beryllerde der Fall ist).

V. Manganoxyduloxyd, $\dot{Mn} \dddot{Mn}$.

Als Manganoxyduloxyd zu Rörstrand mit Borax zusammengeschmolzen wurde, erhielt ich aufser kleinen prismatischen, nicht näher untersuchten Krystallen, auch ziemlich grofse Octaëder, welche bei der Analyse sich aus Manganoxyduloxyd bestehend erweisen. Diese (Fig. 11, Taf. III) gehörten zum *quadratischen Systeme.*

$$a : c = 1{,}1787$$

wenn e als Grundform angenommen wird

	berechnet	gemessen
$e : e' =$	105° 20′	105° 25′
$e : e'' =$	61 55	61 44

Die Krystalle waren grofs genug, um mit dem Reflexionsgoniometer gemessen werden zu können, und bei optischer Untersuchung erwiesen sie sich als dem quadratischen Systeme angehörend. Sie stimmten vollkommen mit Krystallen des Hausmannits und auch mit den Krystallen des Manganoxyduloxyds, die durch Einwirkung der Wasserdämpfe auf das Chlorür erhalten werden. Bei $p\infty$ hat man nämlich nach Miller

$$2A = 105^\circ\ 25'$$
$$2C = 117\ \ 54$$

VI. Bleioxyd, $\dot{Pb}$.

Die Krystalle wurden durch Schmelzen von gewöhnlichem Bleioxyd mit ätzendem Kali dargestellt. Sie bildeten platte, vierseitige oder etwas ausgezogene Tafeln und gehörten zum *rhombischen Systeme.*

$$a : b : c = 1 : 0{,}6706 : 0.9764.$$

Die Krystalle, welche vierseitige Tafeln bildeten (Fig. 12, Taf. III) waren begränzt von $\infty \bar{p} \infty$ (*b*), p (*r*), $\bar{p}\frac{4}{3}$ (*s*), $\breve{p}\frac{3}{2}$ (*t*).

An den mehr ausgezogenen Tafeln (Fig. 13) kamen überdiefs vor: $0\,p\,(c)$, $\frac{1}{n}\,\bar{p}\,\infty\,(d)$, $\frac{3}{4}\,\breve{p}\,n\,(q)$, $\frac{1}{2}\,\breve{p}\,n\,(v)$

	berechnet	annähernd gemessen
c : α	153° 59′	153° 24
c : β	143 47	143 52
c : γ	135 41	135 51
b : r	136 10	136 16
b : s	129 48	130 ·12
b : t	124 47	124 39

Durchkreuzungszwillinge, die regelmäfsig ausgebildete fast rechtwinklige Kreuze bildeten, waren besonders häufig. Zwillingsfläche $\breve{p}\,\infty$.

Die Messungen, welche Rammelsberg an Krystallen eines aus einer schlesischen Schmelzhütte erhaltenen Bleioxyds angestellt hat, scheinen, soweit man aus der wegen der Beschaffenheit der Krystalle unsicheren und mit einander nicht ganz vereinbarlichen Winkelbestimmungen beurtheilen kann, zu der Form hinzuführen, welche hier mit $\breve{p}\,\frac{5}{4}$ bezeichnet ist. Für diese hat man nämlich:

	berechnet	nach Rammelsberg
2 C	113° 19′	112° 20′
2 A	115 5	fast gleich grofs
2 B	100 23	98° 30′ bis 98° 45′

VII. Zinnoxyd, Sn.

Krystallisirtes Zinnoxydul wurde dargestellt durch Kochen eines Ueberschusses von Oxydulhydrat mit einer Lösung von ätzendem Kali. Es bildete ein blauschwarzes, schweres, krystallinisches Pulver, welches sich unter dem Mikroskop als bestehend erwies aus lauter kleinen Hexaëdern mit abgestumpften Kanten (Fig. 14, Taf. III). Im durchgelassenen Lichte waren sie durchsichtig und braun; sie polarisirten das Licht nicht. Sie gehörten also zum *regulären Systeme*.

Die Krystalle waren begränzt von ∞O und $\infty O \infty$. Das specifische Gewicht, erhalten durch zwei besondere

Versuche, war = 6,04 und 6,17 bei 16°, folglich etwas niedriger als das von **Berzelius** beobachtete (6,666).

VIII. Quecksilberoxyd, $\dot{Hg}$.

Die untenstehenden krystallographischen Bestimmungen wurden angestellt an dem gewöhnlichen, im Handel vorkommenden Quecksilberoxyd, welches ein grob krystallinisches, ziegelrothes Pulver bildete. Unter dem Mikroskop erwiefs es sich als bestehend aus kleinen rhombischen, von zahlreichen Flächen begränzten Tafeln, die zum *rhombischen Systeme* gehörten.

$$a : b : c = 1 : 0{,}6522 : 0{,}9459.$$

Die Krystalle waren begränzt von einer Menge Flächen, unter welchen folgende bestimmt werden konnten:

$0p\,(c)$	$\infty p\,(m)$	$\breve{p}\infty\,(r)$
$\infty\bar{p}\infty\,(b)$	$\infty\bar{p}\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}\breve{p}\infty$
	$\infty\bar{p}\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\breve{p}\infty$
	$\infty\bar{p}\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}\breve{p}\infty$
	$\infty\bar{p}\frac{4}{3}\,(p)$	$\frac{4}{3}\breve{p}\infty$
		$2\breve{p}\infty\,(t)$

		berechnet	annähernd gemessen
$0p$	$: \frac{1}{3}\breve{p}\infty$	162° 30′	162° 33′
»	$: \frac{1}{2}\breve{p}\infty$	154 41	154 10
»	$: \frac{2}{3}\breve{p}\infty$	147 46	147 57
»	$: \breve{p}\infty$	136 36	137 50
»	$: \frac{4}{3}\breve{p}\infty$	128 25	128 6
»	$: 2\breve{p}\infty$	117 52	117 30
$\infty p\infty$	$: \infty\breve{p}\frac{1}{3}$	167 44	167 48
»	$: \infty\breve{p}\frac{1}{2}$	161 56	161 58
»	$: \infty\breve{p}\frac{2}{3}$	156 30	156 12
»	$: \infty p$	146 53	147 18
»	$: \infty\breve{p}\frac{3}{4}$	138 59	138 30
$0p$	$: x$	90	89 56

Die Figuren 15 und 16 Taf. III zeigen einige der gewöhnlichsten Krystallformen des Quecksilberoxyds. Wie man aus diesen Figuren ersieht, waren die Krystalle selten vollkommen ausgebildet, sondern von den der kürzeren Diagonale parallelen Domaflächen fand sich an den meisten Krystallen nur die Hälfte. Diefs Verhalten scheint indefs nur eine zufällige Unvollständigkeit zu seyn. Alle der Hauptaxe parallelen Flächen waren parallel dieser Axe gestreift.

Bleioxyd und Quecksilberoxyd sind vollkommen isomorph.

IX. Wismuthoxyd, $\dddot{Bi}$.

Die Krystalle wurden dargestellt durch Schmelzen von Kalihydrat mit gewöhnlichem pulverförmigem Wismuthoxyd. Beim Erkalten krystallisirte ein Theil des Oxyds in ausgezogenen, gelben, durchscheinenden Krystallen. Diese gehörten zum *rhombischen Systeme*

$$a : b : c = 1 : 0{,}8165 : 1{,}0640.$$

Die Krystalle waren begränzt von ∞p (*m*) und $0p$ (*c*) und von einer Menge der kürzeren Diagonale parallelen Domaflächen, nämlich $\frac{3}{4}\breve{p}\infty$, $\breve{p}\infty$ (*r*), $\frac{3}{2}\breve{p}\infty$ (*s*) und $3\breve{p}\infty$.

	berechnet	angenähert gemessen
m : *m*	101° 32′	101° 32′
α bei $3\breve{p}\infty$	157 59	157 3
» » $\frac{3}{2}\breve{p}\infty$	141 2	140 56
» » $\breve{p}\infty$	129 29	129 31
» » $\frac{3}{4}\breve{p}\infty$	121 43	122 2

Fig. 17 und 18 Taf. III stellen die gewöhnlichsten Formen dar, in welchen diese Krystalle angetroffen werden.

X. Arsenige Säure, $\dddot{As}$.

Als eine warme Lösung von Kalihydrat übersättigt wurde mit arseniger Säure, krystallisirte beim Erkalten und langsamen Abdunsten der Flüssigkeit ein Theil dieser Säure in

Form von sechsseitigen, optisch zweiaxigen Tafeln heraus. Andere Flächen als 0p, ∞p und ∞p̆∞ konnten nicht bemerkt werden, und ein Werth von c liefs sich nicht erhalten.

a : b ungefähr = 1 : 0,5776.

XI. Chromsäure, C̈r.

Die Chromsäure wurde auf gewöhnliche Weise dargestellt, durch Zersetzen des sauren chromsauren Kalis mit Schwefelsäure und Umkrystallisiren der hierbei abgeschiedenen Metallsäure. Die Flächen, welche die auf diese Weise erhaltenen Krystalle begränzten, waren kurz nach dem Herausnehmen der Krystalle aus der Flüssigkeit, gewifs ganz glänzend, allein dennoch hatte es grofse Schwierigkeiten, die Winkel mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Die Krystalle sind nämlich, wegen ihrer Neigung sich zu reduciren, äufserst schwer zu handhaben, und überdiefs, wie bekannt, besonders zerfliefslich. Die Chromsäure krystallisirt im *rhombischen Systeme.*

a : b : c = 1 : 0,6920 : 0,6285.

Die Krystalle werden begränzt von: ∞p(*m*), ∞p̆½(*q*), ∞p̄∞(*b*), 3p(*r*) und p(*s*).

	berechnet	angenähert gemessen
'mm : 'ss	122° 9'	122° 9'
'mm : 'rr	152 4	152 0
q : b	160 55	160 55

Die Krystalle bilden mehr oder weniger platte, ausgezogene, von r und s begränzte Prismen (Fig. 19, Taf. III). Zwillingskrystalle, mit np̆∞ zur Zwillingsfläche, sind ganz gewöhnlich und oft federförmig mit einander gruppirt.

XII. Wolframsäure, Ẅ.

Gewöhnliche, durch Glühen von Wolframsäurehydrat dargestellte Wolframsäure zu Rörstrand mit Borax zusammengeschmolzen, lieferte kleine, aber ganz schöne Krystalle von dieser Metallsäure. Nachdem die durch Behandlung der

geschmolzenen Masse mit Salzsäure erhaltenen Krystalle durch vorsichtige Behandlung mit Ammoniak von dem zugleich abgeschiedenen Wolframsäurehydrat befreit worden waren, bildete sich ein weiches, talkartig anzufühlendes Pulver, dessen specifisches Gewicht bei 15° = 6,302 bis 6,384 erhalten wurde.

Die mit warmer Salzsäure behandelten, im Ansehen noch ganz unveränderten Krystalle erwiesen sich bei quantitativer Analyse als bestehend aus Wolframsäure, vereinigt mit 16 Proc. fremder Substanz ($\dddot{\mathrm{Si}}$, $\dddot{\mathrm{Sn}}$, usw.).

Die Krystalle bildeten kleine durchsichtige Tafeln oder kurze platte Prismen, dem *rhombischen Systeme* angehörend.

$$a : b : c = 1 : 0,6966 : 0,4026.$$

Die gewöhnlichsten Formen (Fig. 21, Taf. III) sind $\infty p (m)$, $\infty \breve{p} 2 (n)$, $\infty \bar{p} \infty (b)$ und $0 p (c)$. Pararallel der kürzeren Diagonale kommt aufserdem eine Menge unregelmäfsig ausgebildeter Flächen vor, welche jedoch mehrentheils bei hinreichender Vergröfserung in treppenförmige Bildungen (Fig. 20) aufgelöst werden können. Ihre Zeichen waren: $2 \breve{p} \infty$, $3 \breve{p} \infty$, $4 \breve{p} \infty$, $5 \breve{p} \infty$ und $8 \breve{p} \infty$.

	berechnet	angenähert gemessen
$c : 2 \breve{p} \infty$	141° 9'	141° 24'
» : $3 \breve{p} \infty$	129 37	130 30
» : $4 \breve{p} \infty$	121 50	121 24
$s : 5 \breve{p} \infty$	116 25	115 33
» : $8 \breve{p} \infty$	107 15	106 48
b : m	145 8	145 0
b : n	125 40	125 48

Die Krystalle waren parallel der Hauptaxe gestreift.

Wie untenstehende Uebersicht der Axenverhältnisse zeigt, scheinen alle elektronegativen zum rhombischen Systeme gehörende Oxyde, deren Krystallform bekannt ist, auf dieselbe Grundform zurückgeführt werden zu können.

$\dddot{\mathrm{Cr}}$	a : c : b	1 : 0,4190 $\times \frac{3}{2}$	: 0,4613 $\times \frac{3}{2}$
$\ddot{\mathrm{V}}$	a : b : c	1 : 0,3832	: 0.4795 $\times$ 2
$\dddot{\mathrm{Mo}}$	a : b : c	1 : 0,3872	: 0,4792
$\dddot{\mathrm{W}}$	a : c : b	1 : 0,4026	: 0,4644 $\times \frac{3}{2}$
$\dddot{\mathrm{S}}$	a : b : c	1 : 0,3942	: 0,4713 $\times$ 3
$\dddot{\mathrm{B}}$	c : a : b	1 : 0,3837 $\times$ 2	: 0,4698 $\times$ 2
$\dddot{\mathrm{A}}$	a : b : c	1 : 0,3849 $\times \frac{3}{2}$	:
$\ddot{\mathrm{Ti}}$	a : b : c	1 : 0,4208 $\times$ 2	: 0,4711 $\times$ 2

XIII. Zirkonsäure, $\dddot{\mathrm{Zr}}$.

Krystallisirte Zirkonerde wurde durch Glühen von gewöhnlicher Zirkonsäure mit Borax in den Porzellanöfen von **Rörstrand** dargestellt. Zu dem Versuche wurde der Theil Zirkonsäure aus Kataplait von **Brevig** angewandt, welcher aus einer nicht ganz gesättigten chlorwasserstoffsauren Lösung mit Oxalsäure niederfiel. Als das mit Borax Geschmolzene in mit Salzsäure versetztem Wasser gelöst wurde, blieb der Theil der Zirkonsäure, welcher vom Borax auskrystallisirte, ungelöst zurück und bildete ein weifses krystallisirtes Pulver von 5,71 spec. Gew. bei 15°. Dieses Pulver erwies sich bei quantitativer Analyse als bestehend aus reiner Zirkonsäure; es war unlöslich in Salzsäure und wurde auch von Schwefelsäure nur schwach angegriffen, löste sich dagegen leicht und vollständig beim Glühen mit saurem schwefelsaurem Kali.

Unter dem Mikroskop erwies sich dieses weifse Pulver als ganz und gar bestehend aus farblosen, durchsichtigen, schön ausgebildeten Krystallen, zum *quadratischen Systeme* gehörend.

$$a : c = 1 : 1{,}0061.$$

Die Krystalle (Fig. 22 und 23, Taf. III) bildeten theils ausgezogene, theils kurze, an beiden Enden durch Pyramiden abgestumpfte Prismen, an denen man die Formen ∞ p (*m*), p (*q*) und 2 p ∞ (*r*) bemerken konnte.

	berechnet	angenähert gemessen
m : q	144° 54′	144° 57′
q : q	109 48	109 50
$\alpha : \alpha'$	70 12	70 15

Es scheint auch eine Menge Pyramidenflächen mit verwickelteren Formen vorzukommen, aber es war mir nicht möglich sie mit einiger Sicherheit zu bestimmen.

Da die Hauptaxe bei der Zirkonsäure, wie man aus obigen Messungen sehen kann, der Einheit sehr nahe kommt, so könnte man vermuthen, die Säure krystallisire im regelmäfsigen System. Dafs diefs aber nicht der Fall ist, beweist sowohl das Verhalten der Krystalle im polarisirten Licht, als auch ihre Verlängerung in Richtung der Hauptaxe.

Zirkonsäure, aus Zirkonen von Expailly, auf dieselbe Weise behandelt, gab ganz ähnliche Krystalle von 5,742 spec. Gew. bei 15°.

Dagegen hatte krystallisirte Zirkonsäure, die auf obenbeschriebene Weise aus Grönländischem Eudialyt dargestellt worden, ein spec. Gew. von 5,624 bei 15°. Die Krystalle waren äufserst klein, aber im Uebrigen denen beim vorhergehenden Versuch erhaltenen gleich.

Wie man schon aus G. Rose's und Marignac's Untersuchungen zu vermuthen berechtigt war, ist die Zirkonsäure vollkommen isomorph mit Rutil, Zinnstein usw. Man hat nämlich:

$\ddot{\mathrm{Z}}\mathrm{nr}$	$a : \frac{2}{3}c$	$= 1 : 0,6707$
$\ddot{\mathrm{T}}\mathrm{h}$	$a : 4c$	$= 1 : 0,6272$?
$\ddot{\mathrm{S}}\mathrm{n}$	$a : c$	$= 1 : 0,6716$
$\ddot{\mathrm{T}}\mathrm{i}$	$a : c$	$= 1 : 0,6440$
$\ddot{\mathrm{Z}}\mathrm{r}\ddot{\mathrm{S}}\mathrm{i}$	$a : c$	$= 1 : 0,6404$
$\dddot{\mathrm{M}}\mathrm{n}$	$a : \frac{3}{3}c$	$= 1 : 0,6599$

XIV. Unterniobsäure, $\ddot{\mathrm{N}}\mathrm{b}$.

Durch langes Zusammenschmelzen von Unterniobsäure, dargestellt aus Niobit von Middletown, mit Borax, erhält

man dieselbe auch in Krystallen. Diese gehören zum *rhombischen System.*

Die Krystalle bildeten platte, rechtwinklige Tafeln, nur begränzt von drei Flächenpaaren. Data zur Berechnung der Axen waren also nicht zu erhalten. Die Untersuchung im polarisirten Licht zeigte, dafs die Krystalle nicht dem quadratischen System angehörten.

Das specifische Gewicht von solchen, durch zwei verschiedene Schmelzungen erhaltenen Krystallen, ergab sich bei 14° = 5,48 und 5,20.

IX. *Ueber die Amidobuttersäure (Propalanin); von R. Schneider.*

Gelegentlich meiner früheren Mittheilungen über die Monobrombuttersäure [1]) habe ich erwähnt, dafs dieselbe bei der Behandlung mit Ammoniak Bromammonium giebt und einen Körper, der aller Wahrscheinlichkeit nach Amidobuttersäure seyn mufste. Ich habe jetzt diese Amidosäure in etwas gröfseren Mengen dargestellt und habe dieselbe einer näheren Untersuchung unterworfen. Die dabei erhaltenen Resultate finden sich im Folgenden zusammengestellt.

Behufs der Darstellung wird Monobrombuttersäure mit einem Ueberschufs von Ammoniakflüssigkeit längere Zeit bis gegen das Sieden erhitzt, am besten in einem langhalsigen Kolben, in dessen Hals behufs Condensation des Verdampfenden eine 2 Fufs lange, nach unten etwas verjüngte Aufsatzröhre eingeschoben wird. Die Flüssigkeit wird nach Verdampfung des freien Ammoniaks mit chemisch reinem Bleioxyd anhaltend und unter Ergänzung des verdampfenden Wassers zum Sieden erhitzt, bis auf Zusatz einer neuen Portion Bleioxyd kein Ammoniak mehr entweicht. Darauf

1) Diese Annalen Bd. 113, S. 169.

wird möglichst heifs filtrirt, mit siedendem Wasser ausgewaschen und durch das Filtrat bis zur Ausfällung des Bleis Schwefelwasserstoffgas geleitet. Die vom Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit hinterläfst beim Verdampfen im Wasserbade die Amidobuttersäure Dieselbe ist gewöhnlich durch etwas Brombuttersäure (die sich der Einwirkung des Ammoniaks entzog) und etwas Bromwasserstoffsäure verunreinigt, kann aber durch Behandlung mit Aetherweingeist, worin sie selbst fast ganz unlöslich ist, leicht davon befreit werden. Durch ein- bis zweimaliges Umkrystallisiren aus starkem Weingeist wird sie völlig rein erhalten.

Die Ausbeute ist übrigens eine ziemlich geringe; dieselbe entsprach bei den verschiedenen Darstellungen nicht der angewandten Menge von Monobrombuttersäure.

Bei der Analyse der nach dieser Methode dargestellten und bei 100° getrockneten Substanz wurden folgende Resultate erhalten:

1) 0,279 Grm. gaben mit Kupferoxyd (und vorgelegtem Kupfer) verbrannt 0,479 Grm. Kohlensäure und 0,224 Grm. Wasser.

2) 0,200 Grm. gaben 0,345 Grm. Kohlensäure und 0,160 Grm. Wasser.

3) Das aus 0,228 Grm. bei der Verbrennung mit Natronkalk entwickelte Ammoniak sättigte 2,2 CC. Normal-Schwefelsäure.

4) 0,206 Grm., mit Natronkalk verbrannt, gaben 0,193 Grm. Platin

Diese Zahlen führen zu der empirischen Formel:

$$C_8\,H_9\,N\,O_4,$$

wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Berechnet			Gefunden I	II	III	IV
C_8	= 48	46,60 Proc.	46,82	47,04	—	—
H_9	= 9	8,74 „	8,92	8,88	—	—
N	= 14	13,60 „	—	—	13,51	13,28
O^4	= 32	31,06 „	—	—	—	—
	103	100,00 Proc.				

Die rationelle Formel der Verbindung ist:

$$\left.\begin{matrix} C_8H_6(NH_2)O_2 \\ H \end{matrix}\right\} O_2,$$

oder richtiger wohl:

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ C_2''O_2 \end{matrix}\right\} N$$
$$\left.\begin{matrix} C_6''H_6 \\ H \end{matrix}\right\} O_2$$

Der letzteren Formel entspricht die Bezeichnung »*Propalanin*«, nach Analogie des Wortes Butalanin gebildet.

Das Propalanin krystallisirt aus der Lösung in starkem Spiritus in kleinen Blättchen und Nadeln, welche letzteren gewöhnlich sternförmig, bisweilen auch garbenförmig, gruppirt sind. Die Krystalle erscheinen unter dem Mikroskop vollkommen durchsichtig und farblos. Getrocknet geben sie ein blendend weifses, atlasglänzendes, fettig anzufühlendes Pulver, das an den cholesterinartigen Character des Leucins erinnert. Die reine Verbindung ist vollkommen geruchlos. Sie besitzt, gleich dem Alanin und Leucin, einen deutlich süfsen Geschmack. Auf Pflanzenpigmente ist sie ohne Wirkung. Im Wasser, selbst im kalten, ist sie leicht löslich; 1 Theil erfordert zur Lösung etwa 3,5 Theile Wasser von mittlerer Temperatur. In kaltem Alkohol ist sie sehr schwer löslich; selbst von siedendem Alkohol wird nur wenig (1 Theil von etwa 550 Theilen) aufgenommen. In Aether ist sie ganz unlöslich.

Mit Kali in der Kälte behandelt, giebt sie kein Ammoniak, dagegen findet beim Schmelzen mit Kali eine reichliche Entwicklung von Ammoniak statt. Bei vorsichtigem Erhitzen im Röhrchen schmilzt sie und sublimirt zum Theil unverändert in kleinen farblosen, zu baumförmigen Gruppen vereinigten, nadelförmigen Krystallen. Bei starkem und schnellem Erhitzen bräunt sie sich und verkohlt endlich unter Ausstofsung alkalisch reagirender Dämpfe, die unangenehm lauchartig riechen.

Das Propalanin verbindet sich nach Art anderer Glieder der Alaninreihe sowohl mit Basen, als auch mit Säuren.

Ich habe von diesen Verbindungen nur einige näher untersucht.

Salzsaure Verbindung.

Löst man Propalanin in überschüssiger verdünnter Salzsäure und concentrirt man die Lösung durch Abdampfen im Wasserbade bis zur Bildung einer Salzhaut, so erhält man beim Erkalten derselben spiefsige, zu büschelförmigen Gruppen vereinigte Krystalle, die in Wasser leicht löslich sind. Dieselben sind nach der Formel

$$C_8 H_9 NO_4, HCl$$

zusammengesetzt.

0,530 Grm. derselben, zwischen Fliefspapier abgeprefst und bei 100° getrocknet, gaben 0,502 Grm. Chlorsilber, entsprechend 24,09 Proc. Chlorwasserstoff. Die obige Formel erfordert 24,16 Proc.

Salpetersaure Verbindung.

Dieselbe wird erhalten durch Auflösen von Propalanin in verdünnter Salpetersäure und freiwilliges Verdunsten der Lösung über Chlorcalcium und Aetzkalk. Sie krystallisirt in farrnkrautartig verwachsenen, seidenglänzenden Nadeln, die in Wasser und Alkohol leicht löslich sind. Die wäfsrige Lösung röthet die Lakmustinktur. Die Zusammensetzung der Verbindung entspricht der Formel:

$$C_8 H_9 NO_4, HO, NO_5.$$

0,200 Grm. Propalanin wurden in überschüssiger verdünnter Salpetersäure gelöst, die Lösung bei mäfsiger Temperatur zur Trockne verdampft und der Rückstand so lange unter einer Glocke über Chlorcalcium und Aetzkalk stehen gelassen, als noch Gewichtsabnahme stattfand. Das Gewicht des Rückstandes betrug 0,320 Grm.

		Berechnet	Gefunden
$C_8 H_9 NO_4$ =	103	62,05 Proc.	62,50
$N HO_6$ =	63	37,95 »	37,50
	166	100,00.	

Schwefelsaure Verbindung.

Die Auflösung von 1 Aeq. Propalanin in 1 Aeq. Schwefelsäure (verdünnt) trocknet zu einer zähen, schwierig krystallisirenden Masse ein. Wendet man dagegen auf 1 Aeq. Propalanin 2 Aeq. Schwefelsäure (also nahezu gleiche Theile Propalanin und Schwefelsäurehydrat) an, so erhält man beim Abdampfen der Lösung nette farblose, concentrisch gruppirte Nadeln, die in Wasser sehr leicht löslich sind. Die Zusammensetzung derselben scheint demnach ausgedrückt durch die Formel:

$$2(C_8 H_9 NO_4), S_2 H_2 O_8.$$

Blei-Verbindung.

Beim anhaltenden Kochen einer wäfsrigen Lösung von Propalanin mit überschüssigem Bleioxyd, Filtriren und Abdampfen der Lösung erhält man ein weifses krystallinisches Pulver, das sich nur schwierig in Wasser löst. Dasselbe ist sehr nahe nach der Formel $C_8 H_8 Pb NO_4 + HO, PbO$ zusammengesetzt. 0,625 Grm. gaben nämlich bei der Analyse 0,593 Grm. schwefelsaures Blei. Dem entsprechen 64,8 Proc. Blei, während die obige Formel 63,75 Proc. verlangt.

Silber-Verbindung.

Wird erhalten beim Sieden einer wässerigen Lösung von Propalanin mit einem Ueberschufs von frisch gefälltem Silberoxyd, Filtriren und Abdampfen der Lösung über Schwefelsäure. Die Verbindung krystallisirt in kleinen, zu kugeligen Massen vereinigten Säulen, die sich am Lichte schnell dunkel färben. Sie zersetzen sich bei 100°. 0,530 Grm. derselben gaben 0,272 Grm. Silber = 51,3 Proc. Die Formel $C_8 H_8 Ag NO_4$ verlangt 51,43 Proc. Silber.

Mit der Auffindung des Propalanins ist die sogenannte Alaninreihe vom Glycocoll bis zum Leucin geschlossen. Man hat:

Glycocoll	$C_4 H_5 NO_4$
Alanin	$C_6 H_7 NO_4$

Propalanin	$C_8 H_9 NO_4$
Butalanin	$C_{10} H_{11} NO_4$
Leucin	$C_{12} H_{13} NO_4$

Es ist auffallend, dafs das Propalanin bis jetzt im Thierorganismus nicht aufgefunden ist, während andere Glieder der Alaninreihe, namentlich das Leucin, in ziemlich grofser Verbreitung in demselben nachgewiesen worden sind. Der Grund davon liegt vielleicht nur in den Schwierigkeiten, die sich der Unterscheidung und Trennung solcher Substanzen entgegenstellen, die als Glieder einer homologen Reihe in ihren Eigenschaften und ihrem Verhalten viel Aehnlichkeit zeigen. Nach den bisherigen Unterschungen scheint es, dafs das Leucin im Thierorganismus nicht allein, sondern vergesellschaftet mit seinen niedrigeren Homologen auftritt. Bekanntlich ist es v. Gorup-Besanez gelungen, in der Milz und im Pancreas des Ochsen neben Leucin Butalanin nachzuweisen. Man darf demnach mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs in jenen Organen das nächst niedrigere Glied derselben Reihe, das Propalanin, nicht fehlen und dafs es späteren Untersuchungen gelingen werde, dasselbe als einen Begleiter des Leucins nachzuweisen.

Berlin, im November 1861.

X. *Bemerkungen über Radiation und Absorption. Schreiben an Sir John Herschel von J. Tyndall.*

Werther Herr.

Ich wünsche diese Note, die einen Gegenstand behandelt, den Sie zum gröfsten Theil allein bearbeitet haben, an Sie zu richten, weil ich fürchte weder in meinem Buche über die Alpen, noch in meinen vor Kurzen veröffentlichten Ab-

1) Philos. Mag. Bd. XXII, S. 377.

handlungen hinreichende Rücksicht auf ihre schätzbaren Untersuchungen über die Strahlung der Sonne genommen zu haben. Seit einiger Zeit bin ich mit Versuchen beschäftigt über die Fähigkeit unserer Atmosphäre die strahlende Wärme durchzulassen, und bin zu dem Schlusse gelangt, dafs die Mischung von Sauerstoff und Stickstoff, welche die eigentliche Masse unserer Atmosphäre ausmacht, in Bezug auf die Durchlassung der strahlenden Wärme so gut als ein Vacuum zu betrachten ist. Die Resultate, von denen man die Opacität der Luft hergeleitet hat, müssen sämmtlich den fremden Stoffen zugeschrieben werden, welche in der Atmosphäre vertheilt sind, namentlich dem Wasserdampf. Die entgegenstehenden Resultate, welche vor Kurzem von dem anerkannten Experimentator, Prof. Magnus in Berlin, erhalten worden sind, haben mich veranlafst diesen Gegenstand von Neuem zu untersuchen und die Versuche, welche ich angestellt habe, bestätigen nicht nur die Wirkung der Wasserdämpfe, sondern zeigen auch dafs diese Wirkung verhältnifsmäfsig enorm ist. Der folgende Fall kann als Typus betrachtet werden. Am 10. dieses Monats fand ich die Absorption durch die Luft unseres Laboratoriums aus drei Componenten bestehend. Die erste derselben, hervorgebracht durch die reine Luft, ward der Gröfse nach durch die Zahl 1 vorgestellt, die zweite, hervorgebracht vom durchsichtigen Wasserdampf, durch die Zahl 40, während die dritte, hervorgebracht durch die Effluvia der Localität und die Kohlensäure der Luft, durch die Zahl 27 zu bezeichnen war. Die gesammte Wirkung ihrer fremden Bestandtheile war an jenem Tage sicher 67 mal so grofs als die der Atmosphäre selbst, während die Wasserdämpfe allein eine wenigstens 40 mal so grofse Wirkung ausübten als die Luft.

Ich habe Ihnen auch einige Resultate über die Ausstrahlung des Mondes mitzutheilen, die sich an ihre Speculationen anschliefsen. Am Freitag d. 18. dieses Monats machte ich auf dem Dache der Royal Institution eine Reihe von Beobachtungen mit dem Monde. Aus sechs übereinstimmenden Versuchen war ich genöthigt zu schliefsen, dafs meine thermo-

metrische Säule mehr Wärme verlor, wenn sie gegen den Mond gerichtet wurde, als wenn ich sie gegen irgend einen andern Theil des Himmels in gleicher Höhe richtete. Der Effect war ebenso wie wenn unser Erdkörper Kälte ausstrahlte. Ich war durchaus nicht vorbereitet auf dieses Resultat, das indefs, wie sie sogleich sehen werden, eine unmittelbare Folge von der Wärme des Mondes ist. An dem erwähnten Abend umgab ein schwacher Halo, der nur sichtbar war, wenn man auf ihn achtete, den Mond und liefs auf eine geringe Menge niedergeschlagenen Dampfes in der Atmosphäre schliefsen. Solche niedergeschlagenen Theilchen bilden, in Folge ihrer vielfachen Reflexionen, einen wirksamen Schirm die Strahlen der Erde aufzufangen, uud alles was dieselben entfernt und die optische Continuität der Atmosphäre herstellt, mufs die Durchlassung der Erdwärme vermehren. Ich denke es steht fest, dafs keine wahrnehmbare Menge der dunklen Wärme des Mondes, welche, wenn er voll ist, wahrscheinlich einen grofsen Theil der ganzen nach der Erde hin ausgesandten Wärme ausmacht, uns erreicht. Diese Wärme wird gänzlich absorbirt in unserer Atmosphäre, und an dem erwähnten Abend war sie theilweis verwendet die niedergeschlagenen Theilchen zu verflüchtigen und dadurch die Durchsichtigkeit der Atmosphäre um den Mond zu vermehren, gleichsam eine Thür in dieser Richtung für das Entweichen der Wärme von der Oberfläche meiner Säule zu öffnen. Ich mufs bemerken, dafs das Instrument mit einem conischen Reflector versehen war, dessen Winkel eine Fläche am Himmel umspannte, viele Male gröfser als der Mond.

Ich verbleibe

October 21, 1861.

XI. *Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch feuchte Luft und über die hygroskopischen Eigenschaften des Steinsalzes; von G. Magnus.*

Das Verhalten unserer Atmosphäre bei dem Durchgange der Sonnenwärme war mir bei der Untersuchung über die Verbreitung der Wärme in Gasen, über welche ich der K. Academie am 30. Juli 1860 und 7. Februar 1861 Bericht erstattet habe, besonders wichtig erschienen. Obgleich man vorhersehen konnte, dafs die geringe Menge von Wasserdampf, welche die Luft bei gewöhnlicher Temperatur aufzunehmen vermag, einen kaum wahrnehmbaren Einflufs auf den Durchgang der Wärmestrahlen üben werde, so schien es, nachdem sich herausgestellt hatte dafs oelbildendes Gas unter gleichen Umständen nur halb so viel Strahlen durchläfst als Sauerstoffgas, und Ammoniakgas noch weniger, doch wünschenswerth zu untersuchen, ob jene Voraussicht begründet sey oder nicht. Der Versuch hatte sie vollständig bestätigt, weder bei Anwendung einer Wärmequelle von 100°, noch bei Benutzung einer starken Gasflamme konnte ein Unterschied in dem Durchgange der Wärme durch trockne oder mit Wasserdampf gesättigte Luft wahrgenommen werden. Um so auffallender war es, dafs die gleichzeitig mit jener Untersuchung veröffentlichte[1]) Abhandlung des Dr. Tyndall *»über die Absorption und Strahlung der Wärme durch Gase und Dämpfe«* die Angabe enthielt, dafs die nicht getrocknete atmosphärische Luft an einem bestimmten Tage eine 15mal so grofse Absorption als die getrocknete gezeigt habe. Seitdem hat Hr. Dr. Tyndall sich noch ferner mit diesem Gegenstande beschäftigt, wie aus einem an Sir John Herschel gerichteten und vor Kurzem veröffentlichten[2]) Briefe hervorgeht. In diesem

1) Phil. Mag. Bd. XXII, S. 169 und Pogg. Ann. Bd. CXIII, S. 1.
2) Phil. Mag. Bd. XXII, S. 377.

sagt Hr. T.: »Die Resultate, von welchen man die Opacität der Luft für Wärme hergeleitet hat, beruhen alle auf fremden Stoffen, welche sich in der Atmosphäre befinden, hauptsächlich auf dem Wasserdampf. Er habe, fährt er fort, veranlafst durch die von mir veröffentlichten Versuche, diesen Gegenstand von Neuem untersucht und die angestellten Versuche hätten gezeigt, dafs die Wirkung der Wasserdämpfe enorm sey. Am 10. October dieses Jahres habe er gefunden, dafs die Absorption durch die Luft des Laboratoriums aus drei Componenten bestehe. Werde die erste, bewirkt durch die reine Luft, der Gröfse nach mit 1 bezeichnet, so sey die zweite, hervorgebracht von durchsichtigem Wasserdampf, mit 40 zu bezeichnen und die dritte, veranlafst durch die Effluvia des Laboratoriums und die Kohlensäure, mit 27. Die ganze Wirkung der fremden Substanzen sey an jenem Tage sicher 67 mal so grofs als die der atmosphärischen Luft, und die des Wasserdampfes allein 40 mal so grofs gewesen.«

Diese Angabe hat mich veranlafst die von mir in dieser Beziehung angestellten und in diesen Ann. Bd. CXII, S. 539 veröffentlichten Versuche zu wiederholen. Aber weder bei Anwendung des daselbst S. 516 beschriebenen und auf Taf. V, Fig. 2 abgebildeten Apparates, bei welchem der auf 100° C. erwärmte Boden eines Glasgefäfses seine Wärme durch die Luft, ohne dazwischen befindliche Platten zur Säule sandte, noch auch, als die Wärme einer Lampe durch eine mit Glasplatten verschlossene Röhre hindurchging, konnte ein Unterschied zwischen der bei 15° C. mit Wasserdampf gesättigten und der vollständig getrockneten Luft wahrgenommen werden. Es geht hieraus wiederholt hervor, dafs der Wasserdampf, so lange er nicht als Nebel ausgeschieden ist, bei 15° C. keinen merklichen Einflufs auf den Durchgang der Wärmestrahlen ausübt, und dafs die Strahlen der Sonne, so lange die Luft klar ist, in gleicher Weise zur Erde gelangen, die Atmosphäre mag mit Wasserdampf gesättigt seyn oder nicht.

Aufser den erwähnten Versuchen habe ich auch der-

gleichen mit Platten von Steinsalz ausgeführt, überzeugte mich aber bald, dafs die Anwendung dieser letzteren besondere Schwierigkeiten bietet. Das Steinsalz zieht nämlich in gesättigter Luft sehr leicht Wasser an und bedeckt sich mit einer Schicht von Salzlösung, die so bedeutend werden kann, dafs sie abtropft. Bringt man eine Platte von Steinsalz in geneigter Lage unter eine Glocke, unter welcher sich gleichzeitig ein Gefäfs mit Wasser befindet, so zieht sich die Lösung nach dem tiefsten Punkte zusammen und fällt von hier tropfenweise in ein untergestelltes Gefäfs. In dieser Weise wurde die Anziehung des Wassers beobachtet zwischen 10° — 25° C., und zwar ohne dafs das unter der Glocke befindliche Wasser eine höhere Temperatur hatte. Zum Vergleich wurde jedesmal eine Glasplatte neben die Steinsalzplatte in ganz gleicher Lage wie diese unter die Glocke gebracht, aber niemals zeigte dieselbe eine Spur von Feuchtigkeit. Die angewandten Platten von Steinsalz waren alle ganz weifs und durchsichtig. Vorzugsweise wurde Salz von Northwich bei Chester angewandt, aber auch Platten von Wieliecza, von Stafsfurth, Ischl und Hall in Tyrol, die ich gerade zur Hand hatte, verhielten sich ähnlich, und auch aus dem Meerwasser dargestelltes Salz von Barcellona zeigte ein ähnliches Verhalten.

Bringt man das Salz, nachdem es sich in einer gesättigten Atmosphäre mit Salzlösung überdeckt hat, in trockene Luft, so verdunstet das Wasser und das Salz wird wieder trocken. Bei den angestellten Versuchen genügte es die Platten in dem Laboratorium frei hinzulegen um sie nach einer oder ein Paar Stunden wieder trocken zu erhalten.

Melloni[1]) hat gefunden, dafs eine Schicht reinen Wassers von 1 Millimeter Dicke keine Strahlen durchläfst, die von einer dunkeln Wärme-Quelle kommen. Von den Strahlen des glühenden Platins gingen 5,7 Proc. hindurch. Eine gesättigte Kochsalzlösung liefs von den Strahlen einer Argand'schen Lampe bei Melloni's[2]) Versuchen $\frac{1}{11}$ mehr

1) *La Thermochrôse* 207.
2) *La Thermochrôse* 165.

hindurch als eine gleichdicke Schicht von reinem Wasser. Bei den Versuchen des Dr. Franz $\frac{1}{9}$ mehr. Wieviel von den Strahlen einer Quelle von 100° durch eine sehr dünne Schicht einer Kochsalzlösung gehen, darüber sind, soviel ich weifs, keine Versuche veröffentlicht; jedenfalls ist die Menge, welche von solchen Strahlen durchgeht, aufserordentlich gering. Deshalb hemmt selbst die dünnste Schicht von Lösung, die sich auf der Platte befindet, den Durchgang der Wärme.

Um zu untersuchen in wie weit diefs der Fall sey, wurde folgender Versuch angestellt. Eine ein Meter lange Röhre aus starkem Glase wurde an beiden Enden durch 12 Millim. dicke Platten von englischem Steinsalz verschlossen. Zunächst wurde sie mit trockner Luft gefüllt, indem mittelst eines grofsen Aspirators eine so grofse Menge, vorher durch mehrere Chlorcalcium - Röhren getrockneter, Luft durch dieselbe geleitet wurde, dafs man gewifs seyn konnte alle vorher vorhanden gewesene Luft verdrängt zu haben. Darauf wurde die Ablenkung am Galvanometer beobachtet, welche die Thermosäule hervorbrachte, wenn die Strahlen von einem aufsen geschwärzten Kolben, in welchem durch eingeleitete Dämpfe Wasser beständig im Kochen erhalten wurde, durch die Röhre mit trockner Luft zu ihr gelangten. Sodann wurde, indem alles Uebrige ganz unverändert blieb, Luft durch dieselbe Röhre geleitet, die zuvor durch ein langes Rohr mit angefeuchteten Bimmsteinstücken ging. Sobald nur eine geringe Menge dieser Luft die Röhre mit den Steinsalzplatten anfüllte, nahm die Menge der durch dieselbe zur Thermosäule gelangenden Wärme ab. Wurde dann wieder trockne Luft durch die Röhre geleitet, so nahm die Ablenkung der Nadel wieder zu und erlangte schliefslich wieder ihren früheren Werth. Es ist wohl überflüssig noch einmal zu bemerken, dafs wenn die Röhre mit Glasplatten statt mit Steinsalzplatten verschlossen war, von solcher Verschiedenheit in dem Durchgange der Wärmestrahlen nichts bemerkt wurde. Bei längerem Durchleiten der feuchten Luft durch die Röhre mit den Steinsalzplatten

konnte die Menge der durchgehenden Wärme leicht bis auf $\frac{1}{4}$ vermindert werden. Alsdann zeigten sich die Platten, wenn sie von der Röhre getrennt wurden, auf ihrer inneren Seite mit Feuchtigkeit überzogen. Eine Abnahme bis zu $\frac{1}{40}$ oder $\frac{1}{67}$, wie sie Hr. Tyndall angiebt [1]), hat sich bei diesen Versuchen nicht erreichen lassen, selbst nicht als gleichzeitig auch die äufseren Seiten der Steinsalzplatten feucht erhalten wurden.

Ich wage nicht zu behaupten, dafs die merkwürdigen Resultate, welche Hr. Dr. Tyndall am 10. October dieses Jahres erhalten hat, auf den hygroskopischen Eigenschaften seiner Steinsalzplatten beruhen, da ich weder die Beschaffenheit dieser Platten noch auch die Vorsichtsmafsregeln hinreichend kenne, die Hr. Dr. Tyndall bei diesen Versuchen benutzt hat. Mein Zweck ist nur, auf die Schwierigkeiten aufmerksam zu machen, welche die Steinsalzplatten bei ähnlichen Versuchen mit sich führen.

XII. *Der Erdstrom und der Zusammenhang desselben mit dem Magnetismus der Erde.*

(Auszug aus einem Briefe von Prof. Lamont an Hrn. Prof. De la Rive in Genf, d. d. München den 30. October 1861)[2]).

Ich habe die verschiedenen theoretischen Untersuchungen, welche Sie bezüglich auf die magnetischen Variationen und ihren Zusammenhang mit elektrischen Strömungen veröffentlicht haben, mit aller Aufmerksamkeit verfolgt und bin gern bereit, Ihrem Wunsche gemäfs, Ihnen eine Uebersicht der auf denselben Gegenstand bezüglichen Resultate, zu welchem mich eine sehr umfassende Reihe von Versuchen geführt hat, mitzutheilen, in der Hoffnung, dafs Sie vielleicht

1) Phil. Mag. Bd. XXII, S. 377.

2) Mitgetheilt vom Hrn. Verf.

einige Anhaltspunkte für Ihre weiteren Forschungen darin finden werden. Ich beschränke mich dabei auf die wesentlichsten Resultate, da die Abhandlung, worin eine umständliche Darstellung meiner Versuche gegeben wird, bereits vollendet ist und, wie ich hoffe, in ganz kurzer Zeit dem Drucke übergeben werden wird.

Durch eine frühere Ankündigung ist Ihnen bereits im Allgemeinen bekannt, dafs ich Vorrichtungen hergestellt habe, an welchen der Erdstrom und der Zusammenhang desselben mit den magnetischen Bewegungen ohne Schwierigkeit nachgewiesen werden kann. Dieses Hauptresultat habe ich auf so verschiedenartige Weise — an verschiedenen Localitäten, mit Leitungen über der Erde und unter der Erde, mit Erdplatten von verschiedenen Metallen, und in verschiedenen Tiefen — bestätigt, dafs darüber keine Unsicherheit mehr obwalten kann. Im Ganzen sind gegenwärtig nicht weniger als 28 Erdplatten in der Umgebung der Sternwarte eingegraben.

Was aber die Galvanometer zu erkennen geben, ist nicht der Erdstrom selbst, sondern nur die *Wellen des Erdstromes*, die momentanen Aenderungen, denen er unterliegt. Dafs es mir nicht gelungen ist den Erdstrom in seiner vollen Gröfse zu beobachten, hat seinen Grund darin, dafs Erdplatten und Telegraphenleitungen durch verschiedene störende Einwirkungen namentlich durch Wärme und Oxydation beständig afficirt werden, und der elektrische Strom, den man beobachtet, aus verschiedenen heterogenen Bestandtheilen zusammengesetzt ist, die man von einander nicht trennen kann.

Dazu kommt noch ein ganz eigenthümliches Verhältnifs, von welchem man bisher keine Ahnung gehabt hat. Schon vor zwei Jahren, als ich die ersten Spuren des Erdstromes erkannte, war es mir aufgefallen, dafs zwar in den momentanen Bewegungen vorwärts und rückwärts die Galvanometer und die magnetischen Instrumente genau übereinstimmten, aber dennoch die Galvanometer nie weit vom Mittelstande sich entfernten, wenn auch die magnetischen

Instrumente durch wiederholte momentane Bewegungen einen beträchtlich höheren oder tieferen Stand erlangt hatten. Erst viel später bei Beobachtung magnetischer Störungen konnte ich den Vorgang genau verfolgen und mich überzeugen, dafs nur während einer schnellen Zu- oder Abnahme des Erdstromes und gleichsam in Folge eines Andranges der elektrischen Flüssigkeit die Galvanometernadeln afficirt werden, sobald aber nach der Zu- oder Abnahme der Erdstrom in gleichmäfsiger Stärke fortdauert, und die magnetischen Instrumente auf demselben Stande verbleiben, die Galvanometer allmählich und gleichsam unbemerkt zurückgehen.

Ich habe durch einen künstlichen Erdstrom denselben Erfolg hervorgebracht. Wenn man den Strom einer Daniell'schen Batterie durch eine Erdstrecke gehen läfst und innerhalb dieser Strecke zwei Erdplatten eingräbt und mit einer Drahtleitung verbindet, so wird man finden, dafs jede plötzliche Aenderung des Stromes im ersten Augenblicke eine entsprechende elektrische Bewegung in der Leitung hervorruft, *die jedoch in ganz kurzer Zeit auf einen weit geringern Betrag herabsinkt*. Ich habe mich überzeugt, dafs hier weder Induction noch Polarisation wirksam ist, vielmehr der Erfolg dahin ausgelegt werden mufs, dafs wenn dem galvanischen Strome gleichzeitig zwei Leitungen dargeboten werden — eine kürzere metallische Leitung mit *begränztem Querschnitte* und eine längere Erdleitung mit *unbegränztem Querschnitte* — der Strom im ersten Augenblicke durch die erstere Leitung sich bewegt aber dann auf die letztere übergeht, d. h. sich in die Tiefe expandirt, und in Folge dessen zum gröfsten Theile aus der Drahtleitung zurücktritt; dabei mufs man sich erinnern, dafs durch eine Expansion in die Tiefe die Wirkung des Erdstromes auf die magnetischen Instrumente keine Verminderung erleidet.

Es ist eine Frage, ob die Physiker geneigt seyn werden, meine Erklärung gelten zu lassen, jedenfalls steht aber der Erfolg fest und bildet eine der wichtigsten Eigenthümlich-

keiten des Erdstromes: die Aenderungen desselben kann man ohne alle Schwierigkeit durch Beobachtung erkennen: die constante Wirkung dagegen ist so klein, dafs es mir jetzt noch zweifelhaft scheint. ob sie überhaupt beobachtet werden kann, bis es gelingt etwa durch tiefe Erdplatten und Leitungen, und durch Herstellung eines unterirdischen Beobachtungslocals die störenden Einwirkungen der Wärme und der Oxydation gänzlich zu beseitigen.

Eine zweite Eigenthümlichkeit des Erdstromes, welche mit dem vorhergehenden einigermafsen zusammenhängt, besteht darin, dafs die *Wellen* oder momentanen Aenderungen an der Erdoberfläche am stärksten sich manifestiren, und an Stärke um so mehr abnehmen, je tiefer man hinab geht. In einer Tiefe von 12 Fufs verlieren sie schon die Hälfte ihrer Intensität. Wir treffen hier eine Analogie mit der Bewegung des Meeres an, wie auch die Form und Aufeinanderfolge der Wellen des Erdstromes und alle übrigen Verhältnisse lebhaft an das Meer erinnern. Man wird unwillkührlich auf die Vorstellung geführt, dafs es hier um eine flüssige Masse sich handelt, welche die Erde umgiebt und deren Gleichgewichtsstörungen beobachtet werden.

Ich habe die absolute Stärke des Erdstromes an der Erdoberfläche bestimmt und hiernach die Tiefe desselben zu berechnen gesucht. Natürlich wird die Tiefe verschieden gefunden werden, je nach der Hypothese, welche man über die Abhängigkeit der Stärke von der Tiefe aufstellt. Nimmt man an, dafs der Strom in den tieferen wie in den oberen Erdschichten gleiche Stärke habe, so beträgt seine Tiefe 4800 Fufs; nimmt aber die Stärke in der Tiefe, wie es wahrscheinlich ist, mit der bessern Leitungsfähigkeit zu, so fällt die Tiefe kleiner aus. Alles was auf diesem Wege ermittelt werden kann, hängt übrigens von verschiedenen Voraussetzungen ab und bietet grofse Unsicherheit dar; defsungeachtet kann daraus bei Aufstellung einer Theorie Nutzen gezogen werden.

Eine der wichtigsten Fragen bei dem Erdstrome bezieht sich auf die *Richtung*, in welcher er sich bewegt. Hat der Erdstrom eine constante Richtung oder giebt es mehrere

constante Richtungen, nach welchen die Bewegung stattfindet, oder ist die Richtung einer regelmäfsigen Aenderung unterworfen? — Diese Fragen habe ich theilweise gelöst. Ich habe ein neues Observationslocal erbaut mit zwei Linien, wovon die eine im magnetischen Meridian liegt, die andere senkrecht darauf steht. Die gleichzeitige Beobachtung der in beiden Linien sich manifestirenden Bewegung hat gezeigt, dafs die Hauptstromrichtung senkrecht auf dem astronomischen Meridian steht, d. h. dem Aequator parallel ist. Diesen Strom nenne ich den *Aequatorialstrom.* Gäbe es nur einen Aequatorialstrom, so würde in einer Linie, welche im astronomischen Meridian liegt, *keine* Bewegung sich zeigen. Ich besitze nun mehrere Linien, welche im astronomischen Meridian liegen und andere, die senkrecht darauf stehen, und es war leicht durch Beobachtung zu constatiren, dafs beständig kleine Wellen von Norden nach Süden und von Süden nach Norden sich bewegen, jedoch läfst sich durch Combination sämmtlicher Linien leicht nachweisen; dafs ein Strom im Meridian — *ein Polarstrom* — der mit dem Aequatorialstrome vergleichbar wäre, nicht existirt, oder wenn er existirt so sehr untergeordnet ist, dafs er an meinen Instrumenten nicht nachgewiesen werden kann. So weit ich habe ermitteln können, kommen neben dem Aequatorialstrome nur *unregelmäfsige Wellenbewegungen* vor, die bald nach der einen bald nach der andern Richtung gehen, und eben so häufig jede andere Richtung als die des Meridians befolgen.

Rücksichtlich des Zusammenhanges zwischen dem Erdstrome und den magnetischen Variationen habe ich verschiedene Verhältnisse näher erörtert. Es ist leicht nachzuweisen, dafs die *directe* Wirkung eines Erdstromes, der an der Oberfläche sich fortpflanzt, die täglichen Variationen des Erdmagnetismus nicht hervorrufen kann, da ein solcher Strom die vertikale Intensität, welche allen Beobtungen zufolge ihre tägliche Periode hat, gar nicht afficiren würde. Ihre Untersuchungen haben zu dem Resultat geführt, dafs ein elektrischer Strom nicht blofs in der Erde

sondern auch in der Atmosphäre sich fortpflanzt: dadurch würde obige Schwierigkeit beseitigt seyn, und die Versuche Ihres berühmten Landsmannes Colladon haben, wie allgemein angenommen wird, gezeigt, dafs elektrische Ströme, welche an einer Galvanometernadel eine Ablenkung hervorbringen, von der Erde in die Atmosphäre und umgekehrt übergehen können. Indessen werden Sie in meiner Abhandlung Experimente finden, welche hiemit nicht übereinstimmen und, nach meiner Ansicht es sehr zweifelhaft machen, ob man bisher die Thatsachen nicht ganz unrichtig ausgelegt hat.

Es giebt übrigens eine andere Hypothese, welche dazu dienen würde, mittelst des Erdstromes die täglichen Variationen des Erdmagnetismus zu erklären, und welche darin besteht *den Erdkern als inductionsfähig anzunehmen.* Schon Hr. Sabine hat sich veranlafst gesehen die Induction des Erdkerns zur Erklärung der Beobachtungen anzuwenden, und meine Untersuchungen haben mich bereits vor einem Decennium darauf geführt, dafs man den Erdkern als metallisch und magnetisch annehmen müsse. In dieser Voraussetzung wird aufser der unmittelbaren Wirkung des Stromes, die gewissermafsen als local zu betrachten ist, auch eine *mittelbare* Wirkung statt finden, die von der Gesammtheit aller Theile des Erdstromes aber zugleich von der Form des Erdkerns abhängt, also eine ziemlich regelmäfsige aber von der geographischen Position bedingte Bewegung erzeugen mufs.

Möglich wäre es, dafs der *regelmäfsige Theil* der täglichen Bewegung des Erdmagnetismus einem eigenthümlichen Einflusse der Sonne, und nur der *unregelmäfsige Theil* dem Erdstrome zuzuschreiben wäre. Ich lege einiges Gewicht auf diese Hypothese deshalb, weil bei Störungen oder bei unregelmäfsigen Bewegungen überhaupt nach Münchener Beobachtungen nur die *horizontalen Componenten* afficirt werden, die *verticale Intensität* aber keine Aenderung erleidet, wie ich schon vor 15 Jahren zuerst gezeigt und neuerdings aus einer zwanzigjährigen Beobachtungsreihe

nachgewiesen habe. In dieser Voraussetzung wäre der Erdstrom nichts anderes als eine Ausgleichung oder Gleichgewichtsherstellung der Elektricität, die in Folge der Verhältnisse der Atmosphäre an einzelnen Stellen, namentlich an den Polen, von Zeit zu Zeit sich anhäufen mufs. Noch andere Verhältnisse deuten darauf hin, dafs die auf der Erdkugel verbreitete Spannungs-Elektricität dem Erdstrome zu Grunde liegt; namentlich ist es charakteristisch, dafs der Erdstrom an der *Oberfläche* sich hält und die Aenderungen *von der Oberfläche* ausgehen. Auch ist der Umstand bemerkenswerth, dafs wenn ein Gewitter kommt, bei jedem Blitzschlage ein Strom in den Drahtleitungen und eine correspondirende Bewegung in den magnetischen Instrumenten beobachtet wird.

Aus dem Gesagten werden Sie ersehen, dafs die Untersuchung des Erdstromes in hohem Grade complicirt ist. Am meisten hat man dabei zu bedauern, dafs die magnetischen Variationen, auf welche man hier nothwendig sich stützen mufs, an so wenigen Punkten der Erdoberfläche und so unvollständig beobachtet worden sind. Im Jahre 1840 sprach man von einem Netze magnetischer Observatorien, welches die ganze Erdkugel umfassen und uns innerhalb eines kurzen Zeitraumes eine vollständige Kenntnifs der magnetischen Verhältnisse verschaffen sollte, und jetzt nach mehr als 20 Jahren besitzen wir nichts weiter als einige Fragmente, die als Grundlage einer Theorie durchaus unzureichend sind.

XIII. *Ueber das Daseyn eines zweiten krystallisirbaren, fluorescirenden Stoffs in der Rinde der Rofskastanie; von G. G. Stokes.*

(*Quart. Journ. of the chem. Soc. Vol. XI*, *p.* 17.)

Als ich vor längerer Zeit Aufgüsse von Rinden der verschiedenen Species von Aesculus und dem nahverwandten Genus Pavia untersuchte, fand ich, dafs die merkwürdig starke Fluorescenz, welche die Rofskastanie zeigt, in der ganzen Familie vorkommt. Die Farbe des fluorescirenden Lichts war indefs ungleich, insgemein blau im Genus Aesculus, blaugrün im Genus Pavia. Diefs allein macht es einleuchtend, dafs hier wenigstens zwei fluorescirende Substanzen vorkommen, entweder die eine in der einen Rinde und die andere in der andern, oder, was wahrscheinlicher ist, beide (oder möglicherweise mehre) in beiden Rinden in verschiedenem Verhältnisse.

Als ich einen frischen Schnitt an einem wenigstens zwei Jahre alten Schöfslinge dieser verschiedenen Bäume unter einem tief violetten Glase untersuchte, zeigte der Saft, der aus verschiedenen Theilen der Rinde und des Markes ausflofs, ein verschiedenfarbiges fluorescirendes Licht. Folglich mufste eine und dieselbe Rinde mehr als einen fluorescirenden Stoff enthalten; und da die Existenz zweier Stoffe die fluorescirenden Farben der ganzen, botanisch so eng verwandten Familie erklären würde, so schien die zweite der eben erwähnten Voraussetzungen bei weitem die wahrscheinlichere zu seyn.

Zufällig hatte ich einige Stückchen Rofskastanienrinde mit etwas Aether übergossen und die Flasche leicht verkorkt stehen lassen. Als ich nach einiger Zeit die Flasche untersuchte, war der Aether verdampft und eine in zarten Krystallen radial angeschossene Substanz zurückgeblieben. Diese Substanz, welche ich *Paviin* nennen will, liefert bei Lösung in Wasser, wie das Aesculin, eine stark fluores-

cirende Flüssigkeit, deren Fluorescenz auch, wie die des letzteren Stoffes, (vergleichend genommen) durch Säuren zerstört und durch Alkalien wiederhergestellt wird. Die Farbe des fluorescirenden Lichts ist jedoch entschieden anders als die bei reinem Aesculin, von dem ich eine Probe der Güte des Fürsten Salm-Horstmar verdanke; sie ist nämlich nicht himmelblau, sondern blaugrün. Die fluorescirende Farbe eines Aufgusses von Rofskastanienrinde steht zwischen beiden, doch viel näher am Aesculin als am Paviin.

Aller Wahrscheinlichkeit nach verdanken die Aufgüsse der Rinden von den so nahverwandten Geschlechtern Aesculus und Pavia ihre Fluorescenz der Gegenwart des Aesculins und Paviins in verschiedenen Verhältnissen; wobei im Allgemeinen das Aesculin im Aesculus und das Paviin in der Pavia vorwaltet.

Soweit bisjetzt beobachtet worden, sind Aesculin und Paviin in ihren Eigenschaften ungemein ähnlich. Am leichtesten unterscheiden sie sich durch die verschiedene Farbe des fluorescirenden Lichts ihrer Lösungen, ein besonders zuverlässiges Kennzeichen, da zu seiner Beobachtung nicht erfordert wird, dafs die Lösungen rein seyen. Das Paviin mufs, wie aus der Art seiner ersten Darstellung hervorgeht, löslicher in Aether seyn als das Aesculin. Das letzte wird als unlöslich in Aether beschrieben, ist aber hinreichend löslich, um den Aether fluorescirend zu machen. Das Paviin wird wie das Aesculin, durch Schütteln mit Wasser aus seiner ätherischen Lösung fortgenommen. Obwohl von schwacher Affinität ist es mehr als das Aesculin geneigt, sich mit Bleioxyd zu verbinden. Wird ein Absud von Rofskastanienrinde durch Zusatz einer hinreichenden Menge von Eisenoxyd- oder Thonerde-Salz gereinigt, durch Ammoniak gefällt, filtrirt, das ammoniakalische Filtrat durch sehr verdünntes essigsaures Bleioxyd theilweis niedergeschlagen, das Ganze wieder in Essigsäure gelöst, abermals mit Ammoniak gefällt und filtrirt, so zeigt das Filtrat eine fluorescirende Farbe von dunklerem Blau als die urspr.

liche Flüssigkeit; während, wenn man die mit Bleioxyd verbundenen fluorescirenden Substanzen (die Verbindung selbst ist nicht fluorescirend) wieder in Ammoniak auflöst, die Farbe, verglichen mit der ursprünglichen, ins Grüne neigt. Die erforderliche Lösung erhält man am leichtesten aus den Bleiverbindungen, mittelst eines doppelt kohlensauren Alkalis, welches die doppelte Rolle eines Alkalis und einer Säure spielt, indem es dem Bleioxyde Kohlensäure abtritt und dem vom kohlensauren Blei Abfiltrirten die Alkalinität verleiht. Auf diese Weise, nöthigenfalls durch Wiederholung des Processes mit dem vom ersten Niederschlage Abfiltrirten, erhält man sehr leicht eine Lösung, die für die fluorescirende Farbe des Aesculins als normal zu betrachten ist. Eine nahe genug als normal für das reine Paviin anzusehende Flüssigkeit erhält man, wenn man ein Absud von Eschenrinde macht, eine beträchtliche Menge Thonerdesalz zusetzt, durch Ammoniak niederschlägt und filtrirt. Durch eine partielle Fällung in der beschriebenen Weise ist es sehr leicht eine Mischung von Aesculin und und Paviin als eine Mischung nachzuweisen, selbst wenn man mit sehr kleinen Mengen operirt.

Man mufs wohl bedenken, dafs die charakteristische fluorescirende Farbe einer Lösung diejenige des fluorescirenden Lichts ist, welches von der Flüssigkeit *direct* ins Auge gelangt. Selbst wenn eine Lösung der reinen Substanz, obwohl concentrirt genug um die Fluorescenz vollkommen zu entwickeln, beinahe farblos im durchgelassenen Lichte wäre, könnte sie, wenn sie unrein wäre, eine Farbe zeigen, insgemein eine Art Gelb, was das durch sie hin gesehene Blau grün erscheinen liefse. Auf die fluorescirende Farbe trauen, wie sie durch eine sie abändernde farbige Lösung gesehen wird, hiefse sich auf eine Analyse verlassen, die nicht mit der zu erforschenden Substanz, sondern mit einer sie enthaltenden Mischung angestellt wäre. Indefs läfst sich bei Auszügen von Rofskastanien und ähnlichen Substanzen die wahre fluorescirende Farbe, trotz der bedeutenden Farbe der Lösung, leicht beobachten.

Die beste Methode, die wahre fluorescirende Farbe zu beobachten, besteht darin, die Flüssigkeit stark zu verdünnen, und mittelst einer in einem Brett befestigten Linse ein verdichtetes Bündel Sonnenlicht hineinzuleiten, in solcher Weise, dafs zwischen dem fluorescirenden Bündel und dem Auge eine möglichst geringe Dicke der Flüssigkeit zu liegen komme. Wenn auch eine Schicht der verdünnten Lösung von dieser Dicke merklich gefärbt ist, wird die Farbe des fluorescirenden Lichts nicht merklich modificirt werden durch die nachherige Absorption. Diefs erfordert indefs Sonnenlicht, welches nicht immer zu haben ist. Eine andere vortreffliche Methode, welche nur Tageslicht verlangt, und, bei Untersuchung der Rofskastanienrinde, die erstere praktisch überflüssig macht, ist die folgende, bei welcher man am besten thut, die Lösungen ziemlich concentrirt oder wenigstens nicht aufserordentlich verdünnt anzuwenden.

Man stellt ein Glasgefäfs mit Wasser ans Fenster und schwärzt den Boden des Gefäfses inwendig, indem man ein Stück Tuch oder Sammet in das Wasser versenkt, oder auf eine andere Weise. Die auf ihre fluorescirende Farbe zu vergleichenden Flüssigkeiten bringt man in zwei Reagensgläser, hält diese fast lothrecht in dem Wasser, oben etwas abgeneigt vom Fenster, und betrachtet das fluorescirende Licht von obenher, ausseits der Reagensgläser. Da bei weitem der gröfsere Theil des fluorescirenden Lichtes von einer sehr dünnen Schicht der Flüssigkeit nächst der Oberfläche, auf welche das Licht einfällt, ausgeht, so haben die fluorescirenden Strahlen nur eine sehr kleine Dicke der farbigen Flüssigkeit zu durchlaufen, bevor sie das Auge erreichen. Das Wasser erlaubt diejenigen fluorescirenden Strahlen zu entweichen, die sonst an der äufseren Fläche der Reagensgläser nach innen reflectirt worden wären; und die Intensität des Lichtes, dessen Farbe zu beobachten ist, wird durch Verkürzung verstärkt. Der Beobachter würde gut thun, eine fluorescirende Flüssigkeit anzuwenden, die durch Zusatz irgend einer nicht fluorescirenden, indifferenten Substanz eigends gelb gemacht worden wäre; so

könnte eine Portion der oben erwähnten normalen Aesculinlösung durch Zusatz von Kaliumeisencyanid gelb gemacht werden. Je vollständiger die fluorescirenden Farben des Gelb und der fast farblosen Flüssigkeit übereinstimmen, desto vollkommner ist die Beobachtungsweise. Wenn bei diesem Versuche Kaliumeisencyanür, statt des Eisencyanids, angewandt wird, so besteht der hervorstehendste Effect in einer Verringerung der Intensität des fluorescirenden Lichts, was davon herrührt, daſs die von diesem Salz ausgehende Absorption mehr auf die activen oder fluorogenischen Strahlen wirkt als auf die fluorescirenden. Da Substanzen von ähnlichem Charakter in einer unreinen Flüssigkeit vorkommen können, so darf der Beobachter aus mangelhafter Lebhaftigkeit des fluorescirenden Lichts nicht immer auf Armuth an fluorescirenden Substanzen schlieſsen.

Die Existenz des Paviins erklärt vielleicht die Widersprüche der von verschiedenen Chemikern gegebenen Analysen des Aesculins. Ich muſs indeſs erwähnen, daſs ich drei Proben von Aesculin angetroffen habe, die alle frei von Paviin waren. Der Grund, warum das Aesculin aus einem Paviin enthaltenden Absude rein erhalten wurde, ist wahrscheinlich der, daſs das erstere in der Roſskastanienrinde das letztere sehr überwiegt. Ein Absud dieser Rinde lieferte mir eine reichliche Menge von Aesculinkrystallen, während das Paviin, neben einer scheinbar noch überschüssigen Menge Aesculin, in der Mutterlauge zurückblieb. Ich werde vielleicht künftig der Gesellschaft die angewandte Methode mittheilen, wenn ich Muſse habe, sie näher zu untersuchen; für jetzt will ich nur sagen, daſs ich mittelst ihrer in wenig Stunden krystallisirtes Aesculin erhalten kann, ohne ein anderes Lösemittel als Wasser anzuwenden. Bei der gewöhnlichen Methode erfordert, wie beschrieben wird, die erste Krystallisation des Aesculins an 14 Tage.

Wegen der, gegen das Aesculin, anscheinend kleinen Menge des Paviin in der Roſskastanienrinde würde ein Chemiker, der diese Substanz zur Analyse zu haben wünschte, wahrscheinlich wohl thun, die Rinde vom Genus Pavia zu

analysiren, falls diese Rinde zu haben wäre. Der Reichthum einer Rinde an Paviin, im Vergleich zum Aesculin, läfst sich beurtheilen, wenn man eine kleine Portion derselben mit Wasser in einem Reagensglase kocht; diejenigen Rinden, welche reichlich Paviin enthalten, liefern ein Absud, welches fast genau dieselbe fluorescirende Farbe hat, wie das von Eschenrinde.

Eine krystallisirbare Substanz, die eine stark fluorescirende Lösung liefert, ist neuerlich in der Eschenrinde vom Fürsten Salm-Horstmar entdeckt worden [1]), der mir eine Probe davon verehrte. Diese Substanz, die von dem Entdecker *Fraxin* genannt worden, ist in ihren optischen Eigenschaften dem Paviin so ähnlich, dafs sie durch dieselben schwerlich, wenn überhaupt, von diesem unterschieden werden kann; da aber das Fraxin als unlöslich in Aether angegeben wird, so kann es doch nicht füglich identisch seyn mit dem Paviin, welches sich aus diesem Lösemittel im krystallinischen Zustand absetzt. Ich finde jedoch, dafs das Fraxin hinreichend löslich ist in Aether, um diesen fluorescirend zu machen, so dafs, nach Allem, die Frage eine graduelle ist, die nicht eher genügend beantwortet werden kann, als bis das Paviin in gröfserer Menge dargestellt worden ist.

XIV. *Positive und negative Fluorescenz. Phosphorescenz und Fluorescenz; von H. Emsmann zu Stettin.*

In dem von mir bearbeiteten Artikel »*Zerstreuung des Lichtes*« des physikalischen Lexicons von Marbach, zweite Auflage, von Cornelius, Bd. VI 1859, S. 1081 habe ich ausgesprochen: »Ein Gedanke drängt sich unwillkührlich

1) Pogg. Ann. Bd. C (1857), S. 607.

auf, daſs sich vielleicht (der Fluorescenz) analoge Erscheinungen herausstellen dürften, deren Erklärung nicht eine Verminderung, sondern eine Vergröſserung der Brechbarkeit erfordern möchte, wenn nämlich das unsichtbare ultrarothe Licht ebenso sichtbar gemacht werden könnte, wie es mit dem ultravioletten gelungen ist.«

An diese Worte wurde ich durch die Notiz des Fürsten zu Salm-Hortmar[1]) wieder erinnert, in welcher derselbe darauf aufmerksam zu machen sucht, daſs zwischen Licht und Wärme auch in Hinsicht auf Fluorescenz eine Analogie bestehe. Als Beleg dafür wird angeführt, daſs die Strahlen der Sonne durch klares Eis gehen, ohne dieſs zu schmelzen, daſs aber dieselben Strahlen, wenn sie von einem undurchsichtigen, dunkel gefärbten Körper, z. B. von einem Baumstamme, auf naheliegenden Schnee reflectirt werden, auf diesen *schmelzend* einwirken. Dieſs soll eine Fluorescenz der Wärme seyn, da die reflectirten Strahlen eine andere Wellenlänge oder eine andere Wellenfarbe haben müſsten, als die erregenden Strahlen.

Daſs eine Modification des Lichtes in dem angeführten Falle eingetreten seyn muſs, unterliegt keinem Zweifel, wohl aber ob dieselbe analog der Fluorescenz sey. Es kommt hiebei darauf an, wie man sich den Hergang bei der Fluorescenz denkt.

Davon ausgehend, daſs bei der bisher sogenannten Fluorescenz eine Erniedrigung der Brechbarkeit oder Vergröſserung der Wellenlänge eintrete — ein Gesetz, welches freilich noch keineswegs fest steht —, dürfte man wohl einer Ansicht nicht alle Berechtigung absprechen, nach welcher es auch Fluorescenz geben muſs, deren Wesen in einer Erhöhung der Brechbarkeit oder Verringerung der Wellenlänge bestehen würde. Jene Fluorescenz würde die der chemischen Strahlen seyn, die ich *positive Fluorescenz* nennen möchte, diese, die der Wärmestrahlen, die demnach als *negative* zu bezeichnen wäre.

Stokes basirt seine Erklärung der Fluorescenz auf

1) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 54,

periodische Aether- und Molecülschwingungen: »Die unsichtbaren Strahlen jenseits des Violetts möchten die materiellen Theilchen des Mediums in solche schwingende Bewegung versetzen, wie sie den Theilchen selbstleuchtender Körper zukommen, und diese Schwingungen würden wieder im Lichtäther Anlafs zu Strahlen geben, die von geringerer Brechbarkeit als die primären und deshalb der Netzhaut vernehmlich wären.«

Bedenkt man, dafs die sogenannten chemischen Strahlen auf Chlorsilber augenblicklich einwirken, weniger schnell auf Bromsilber, noch langsamer auf Jodsilber, und nimmt man an, dafs dem Eintritte der chemischen Action eine derselben günstige Anordnung der Atome vorangehen müsse, so scheint es, als ob die chemischen Strahlen zunächst darauf hinwirkten, diese günstige Anordnung herbeizuführen. Draper sagt: »Jede chemische Thätigkeit ist mit einer vibratorischen Bewegung verbunden; alle Theile des Körpers sind in einer unaufhörlichen Vibration begriffen.« Die angeführten Beispiele würden hiernach dafür sprechen, dafs in dem einen Falle das Ziel, also die bezeichnete günstige Anordnung in kürzerer Zeit erreicht würde, als in einem andern. Geschieht diefs wirklich, so wird auch der Fall wahrscheinlich, dafs das Bestreben der chemischen Strahlen, die zur chemischen Action günstige Anordnung herbeizuführen, zwar zur Aeufserung kommen könne, aber sich nicht bis zum erforderlichen Grade zu steigern vermöge, dafs alsdann die chemische Action nicht eintrete, im Gegentheil bei aufhörender Einwirkung der chemischen Strahlen ein Zurücktreten der Atome in ihre ursprüngliche Lage erfolge.

Schon Zantedeschi spricht von einem gewissen Strahlungszustande aller Körper, in welchen sie aus dem gewöhnlichen Zustande übergehen können und so auch zurück.

Besteht nun die Wirkung der chemischen Strahlen wirklich darin, eine Anordnung der Atome herbeizuführen, welche die Brechbarkeit der Strahlen erniedrigt, also die Wellenlänge vergröfsert, so wäre die (chemische) positive Fluor-

escenz eben eine Aeufserung der Einwirkung der chemischen Strahlen auf die Anordnung der Atome, durch die eine chemische Action herbeigeführt werden soll, die sich aber nicht bis dahin steigert.

Das sofortige Aufhören der Fluorescenzerscheinung, sobald die erregenden Strahlen nicht mehr einwirken, wäre dann eine Folge des *sofortigen* Rückgehens der Atome in die ursprüngliche Lage. Auch das bei Fluorescenzerscheinungen eintretende Leuchten wäre als Folge der angeregten Aether- und Molecülschwingungen in Folge der unter den Atomen eingeleiteteten Bewegung begreifbar. Besonders beachtenswerth erscheint mir jedoch noch das Verhältnifs, in welchem hiernach *Phosphorescenz und Fluorescenz* zu einander stehen.

Ohne alles aufzuführen, was Phosphorescenz und Fluorescenz gemein haben, oder worin sie differiren, will ich nur daran erinnern, was auch Osann[1]) hervorhebt, dafs bei beiden vorzugsweise die der violetten Seite des Spectrums angehörenden Lichtstrahlen wirksam sind. Nimmt man nun an, dafs eine gewisse *Coërcitivkraft* die Atome in ihrer jedesmaligen, den Umständen entsprechenden Anordnung zu erhalten sucht, dafs diese Coërcitivkraft je nach der Natur des Stoffes stärker oder schwächer ist, dafs sie sich bei den phosphorescirenden Stoffen durch ihre Stärke auszeichnet, während sie bei den fluorescirenden von geringerer Intensität ist, so treten Fluorescenz und Phosphorescenz in ein Verhältnifs wie Eisen und Stahl in Betreff der magnetischen Polarität. Hiernach kann es uns auch nicht auffallend erscheinen, warum so wenige phosphorescirende Körper bekannt sind, während die Zahl der fluorescirenden so bedeutend ist. Fluorescirende Stoffe erscheinen ihrer geringen Coërcitivkraft wegen sofort fluorescirend, wenn sie von chemischen Strahlen getroffen werden und hören eben deshalb auch sofort wieder auf, sobald die Einwirkung der erregenden Strahlen ein Ende nimmt: phosphorescirende Stoffe verlangen ihrer stärkeren Coërcitivkraft wegen eine längere

1) Pogg. Ann. Bd. 104, S. 640.

Einwirkung der erregenden Strahlen, zeigen sich aber auch noch eben deshalb phosphorescirend, wenn die erregende Einwirkung aufhört. Das Phosphoresciren hört mit der Zeit auf, wie auch die magnetische Polarität im Stahle verschwindet, wenn er unbeschäftigt bleibt.

Erscheint die hier ausgesprochene Auffassung nicht unberechtigt, so lassen sich von Seiten der Wärmestrahlen ähnliche Wirkungen erwarten und zwar in dem Sinne, dafs durch sie eine Abänderung in der Anordnung der Atome erstrebt würde, die eine Erhöhung der Brechbarkeit, also eine Verkürzung der Wellenlänge zur Folge hätte. Derartige Erscheinungen würden dann im Gegensatze zu der chemischen Fluorescenz, die *positiv* seyn würde, *negative Fluorescenzerscheinungen* zu nennen seyn.

Es fragt sich, ob es Erscheinungen gebe, welche dafür sprechen. Ich führe folgende bekannte Thatsachen an, welche hierher zu gehören scheinen.

Das allotrope und dimorphe Quecksilberiodid, welches in der einen Modification ein prächtig scharlachrothes Pulver ist oder in so gefärbten Krystallen des tetragonalen Systems auftritt, scheint besonders der aufgestellten Ansicht günstig zu seyn. Erhitzt man dasselbe, so erhält man eine *gelbe* Flüssigkeit, die in gelben Krystallen des rhombischen Systems sublimirt. Es ist also durch Einwirkung der Wärme, d. h. durch Wärmeschwingungen, eine Abänderung in der Anordnung der Atome eingetreten, bei welcher statt rothen Lichtes gelbes reflectirt wird, d. h. es hat nunmehr das reflectirte Licht eine kleinere Wellenlänge. Läfst man die sublimirten Krystalle ungestört, so bleiben sie gelb, aber bei der allergeringsten Erschütterung werden sie roth, und gehen in die tetragonalen Krystalle über. Die Kraft, welche von der Wärme ausging und durch welche die Atome die gelb reflectirende Anordnung erhielten, ist nun nicht mehr vorhanden: wegen des festen Aggregatzustandes war kein sofortiges Rückgehen möglich, die geringste Erschütterung aber veranlafst dasselbe. Es hat hier entschieden unter dem Einflusse der Wärme eine andere Anordnung der

Atome Platz genommen, eine Aenderung in der chemischen Constitution ist aber dabei nicht eingetreten.

Die *Wolframsäure* ist ein blafs orangegelbes Pulver, welches in heftiger Hitze oder am Sonnenlichte grün wird.

Phosphorsaures Kobaltoxyd ist ein pfirsichblüthrothes Pulver und wird durch Erhitzen blau.

Salzsaures Kobaltoxyd nimmt bei Erwärmung eine blaue Farbe an, während es in der Kälte bräunlich gelb aussieht.

Das *Anlassen des Stahles* scheint hierher zu gehören, wenn man die Folge der Farbenveränderung: sehr blasgelb, blafs strohfarbig, goldgelb, braun, purpurne Flecke, purpurfarbig, hellblau, vollblau, dunkelblau beachtet. Dafs die Anordnung der Atome hierbei eine Aenderung erleidet, dafür spricht die Veränderung, welche der Härtegrad erfährt. Plötzliche Abkühlung verhindert den Rückgang der Atome in die ursprüngliche Lage.

Ferner kann als eine Bestätigung gelten, dafs das eigentliche Glühen, wenn es lediglich und unmittelbar durch Temperaturerhöhung hervorgebracht wird, stets mit rother Färbung beginnt. Bekanntlich fand Draper, als er die Natur der Farben untersuchte, welche ein glühender Körper bei steigender Temperatur entwickelt, dafs alle Längenveränderungen im Spectrum nur in der Richtung der brechbareren Strahlen stattfinden und alle Spectren mit der äufsersten Gränze der rothen Strahlen beginnen. Je höher die Temperatur des glühenden Körpers wurde, desto gröfser war die Menge der brechbaren Strahlen. Auch Melloni fand, dafs die Strahlungen, welche aus Quellen von hoher Temperatur herstammen, mehr brechbare Elemente enthalten, als die aus nicht so heifsen Quellen.

Die an sich dunklen chemischen Strahlen können Modificationen in der Farbe der leuchtenden Strahlen hervorbringen und zwar im Sinne vom violetten Ende des Spectrums nach dem rothen hin; die an sich dunklen Wärmestrahlen bringen ebenfalls Modificationen in der Farbe der leuchtenden Strahlen hervor, aber im Sinne von dem rothen Ende des Spectrums nach dem violetten hin. Wärme-

strahlen und chemische Strahlen können beide in Lichtstrahlen übergehen. Nennt man Erscheinungen der ersten Art, die von den chemischen Strahlen bedingt werden, Phänomene der *positiven Fluorescenz*, so wird man die der zweiten Art der *negativen Fluorescenz* zu benennen haben. Eine verschiedene Bezeichnung beider wird jedenfalls vortheilhaft seyn.

Sowie die positive Fluorescenz sich als sehr verbreitetes Phänomen herausgestellt hat, wird es sich auch mit der negativen verhalten, wenn man erst mehr darauf achtet.

XV. *Ueber eine schöne Interferenzerscheinung auf der Düne zu Helgoland; von Ernst Hallier.*

Friedrich Oetker in seiner ausführlichen Schrift über Helgoland [1]) erwähnt einer wunderbar schönen Erscheinung am Dünenstrand, welche nur bei heftigem Sturm stattfindet, dafs nämlich das Meer in 60 bis 70 Fufs hohen Wassergarben an beiden langgestreckten Dünenspitzen aufbäume. Eine Erklärung für diese Erscheinung, die übrigens nicht so einfach ist, wie er sie darstellt, giebt er nicht; auch gehören dazu Beobachtungen, nicht blofs bei einem, sondern bei verschiedenen Stürmen, aus verschiedenen Richtungen kommend und bei verschiedenem Wasserstande angestellt.

Das erwähnte Phänomen, welches sogleich näher geschildert werden soll, ist nach dem Ergebnifs zahlreicher, von mir angestellter Beobachtungen eine Interferenzerscheinung, von der Strömung im Kampf mit dem Sturm hervorgerufen; sie findet daher nicht bei jedem Sturm statt, ja sie ist nicht einmal wesentlich durch die Gewalt des Windes bedingt, sondern kann bei einem wahren Orkan

1) Fr. Oetker, Helgoland. Berlin 1855.

möglicherweise viel schwächer seyn, als bei mäfsigem Sturm unter günstigeren Bedingungen.

An Interferenzerscheinungen ist in einer so klippenreichen Meeresregion, wie ringsum Helgoland, wo so oft die Strömungen zwischen enge Betten eingeklemmt werden, überhaupt kein Mangel. Am augenfältigsten treten sie an der Insel selbst auf; in der allergewöhnlichsten Form, aber in auffälligster Stärke, an der nach Osten gerichteten Spitze des Unterlandes, von den Insulanern Waalhörn genannt, weil von hier einst der die Insel mit der Düne verbindende Steinwall (de Waal) ausging. Der von Norden heranrollende Fluthstrom wird nämlich an der Nordseite der Insel getheilt, von beiden Seiten dieselbe umkreisend, so dafs die Strömungen auf verschiedenen Wegen den Strand des östlich vom Felsen gelegenen Unterlandes erreichen. Besonders wenn westliche Winde die im weiteren Bogen und geschwächt heranrollende Westströmung verstärken, nimmt das Phänomen eine Gestalt an, welche im Sommer so oft zur Belustigung der Badegäste dient, bei winterlichen Stürmen einen wahrhaft imposanten Eindruck macht. In einem stumpfen Winkel auf einander treffend, verstärken und schwächen die lang heranrollenden Wellen sich, je nach den Umständen, in der bekannten Weise, und steht man bei bewegter See auf Waalhörn, so ist man umgeben von gewaltigem Brausen und Donnern der sich aufthürmenden, durch die vom Strand zurücklaufenden Wellen oft noch erhöhten Brandungswogen.

Ganz anders ist die Erscheinung auf der Düne, welche gerade im Osten von der Felseninsel gelegen, sich ohngefähr von Nordwesten nach Südosten in langer Ausdehnung hinzieht. Das nördliche Ende wird Olhöv genannt, nach Wiebel's [1]) Meinung deshalb, weil es der Begräbnifsplatz für angetriebene Leichen ist; die Südspitze dagegen heifst die Aade [2]).

1) K. W. M. Wiebel, Die Insel Helgoland. Hamburg 1848.

2) Der Name «Düne» kommt bei den Helgolandern selbst nicht vor, sondern ist von Fremden aufgebracht; der hügelige Theil wird von den

Diese beiden, je nach dem Wasserstande stets mehr oder weniger überflutheten Dünentheile sind es gerade, welche die genannte Erscheinung darbieten und zwar nur dann, oder wenigstens dann am schönsten, wenn Strom- und Windesrichtung in Widerspruch mit einander treten, so namentlich an der Aade, wenn bei südlichen oder westlichen Winden das Wasser im Steigen begriffen ist. Es schlägt dann die Fluthwelle an die Nordostseite der Sandinsel, die Wellen rollen an ihr südwärts entlang, während auf der entgegengesetzten Seite die vom Winde herangewälzten Wogen branden. In diesem Fall findet die Erscheinung an beiden Enden statt, wenn auch in verschiedener Stärke, da an beiden Stellen der nämliche Kampf stattfinden mufs.

Ist jedoch der Wind Nordwest und zieht sich der Ebbestrom an der Ostseite der Düne entlang, so beschränkt das Phänomen sich fast ganz auf die Aade, weil hier die von Nordwesten kommenden Wellen durch die vorliegende Felseninsel gehemmt werden. So war es bei dem Sturm am 15. November 1861, welcher zwei Kohlenschiffe an der Düne stranden machte. Die gewaltigen Wellen liefen auf beiden Seiten der Aade in entgegengesetzter Richtung entlang, im Westen durch den Ebbestrom in nördlicher, im Osten durch den Sturm in südöstlicher Richtung fortgetrieben. So rollten sie über die flache Südspitze der Aade hinweg, brandeten daselbst und trafen hie und da zusammen. Diese Interferenz bildete hohe, schaumbedeckte, mit Wolken schneeweifsen Wasserstaubes gekrönte Kämme. Hie und da wurden an flacheren Stellen die höher ansteigenden Wellen massenhafter zusammengestofsen, dann stiegen sie oft, gewifs über 50 Fufs hoch, als gewaltige Wassersäulen empor, gekrönt mit einer wunderbar schönen Wolke von Schaum und Wasserstaub, welche sich glockenförmig über die zurücksinkende Säule herabgofs. Trotz des gräfslich brüllenden Sturmes ward ich nicht müde, diesem so

Helgolandern «Halem», das Ganze aber «be Ost» genannt im Anklang an den Zusammenhang mit der Insel, deren östlichen Theil die jetzige Düne bildete.

oft, aber selten in solcher Schönheit, gesehenen Schauspiel stundenlang mit dem Fernrohr zuzuschauen.

Die Stürme brausten fort vom 14. bis zum 23. November und gaben die mannigfachste Gelegenheit zur Beobachtung dieses Phänomens in seinen verschiedensten Modificationen, besonders, da auch die Windesrichtung schwankend war.

Nachmittags am 22. zeigte sich die Erscheinung in ausgezeichneter Schönheit bei Südwestwind und Fluthströmung an Olhöv und Aade zugleich; da der Strom an der Ostseite, die Sturmwogen an der Westseite rollten, so fand der nöthige Gegensatz an beiden Enden statt. Diese Beispiele werden genügen, jedem, dem das Glück zu Theil wird, dieses herrliche Naturschauspiel zu gewahren, die Erklärung für jeden einzelnen Fall leicht zu machen.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

Namenregister

zum

Jahrgang 1861.

(Die Bände 112, 113, 114 sind durch XII, XIII, XIV bezeichnet.)

E.

F.

G.

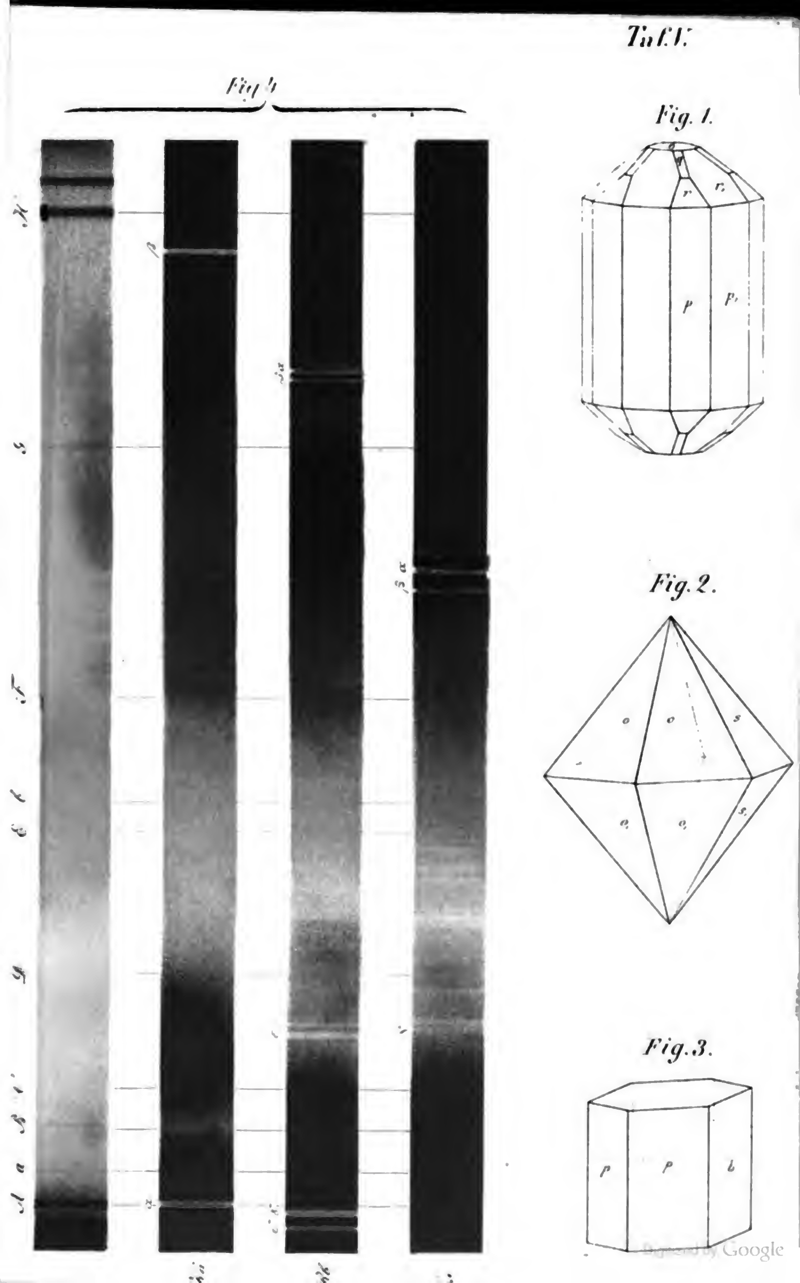
H.

S.

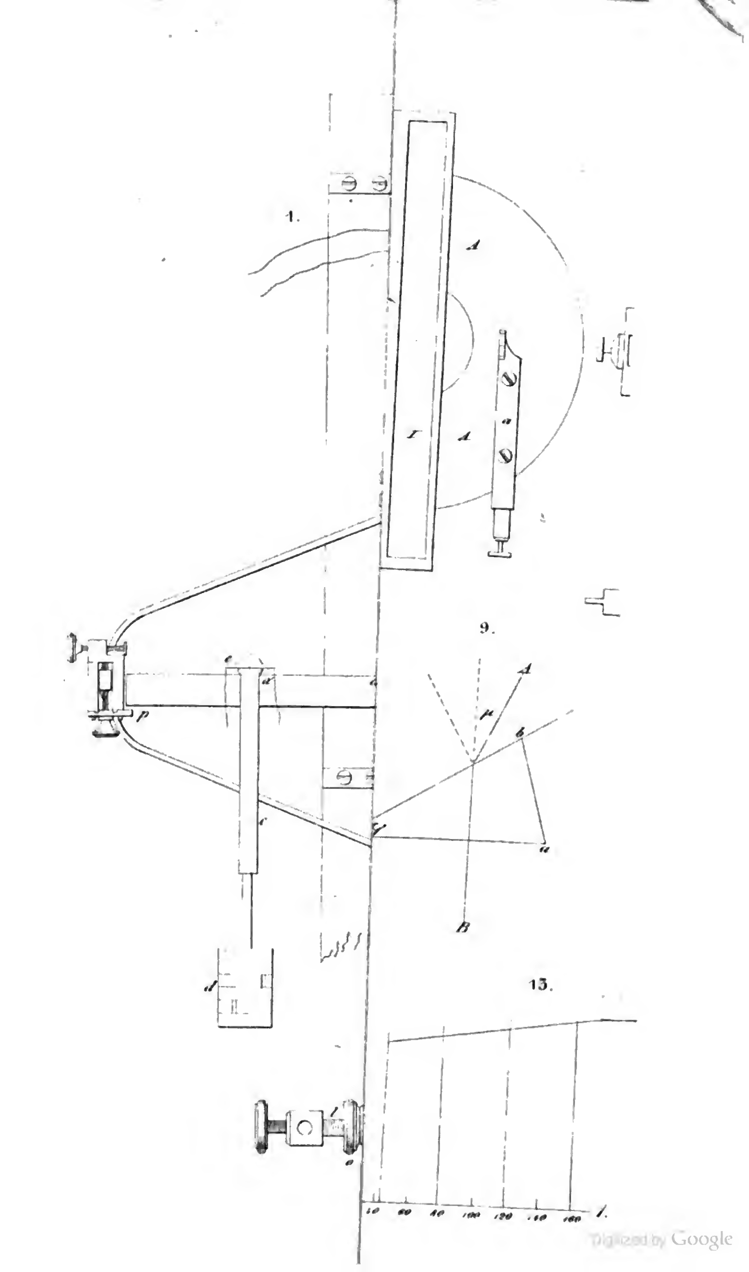
T.

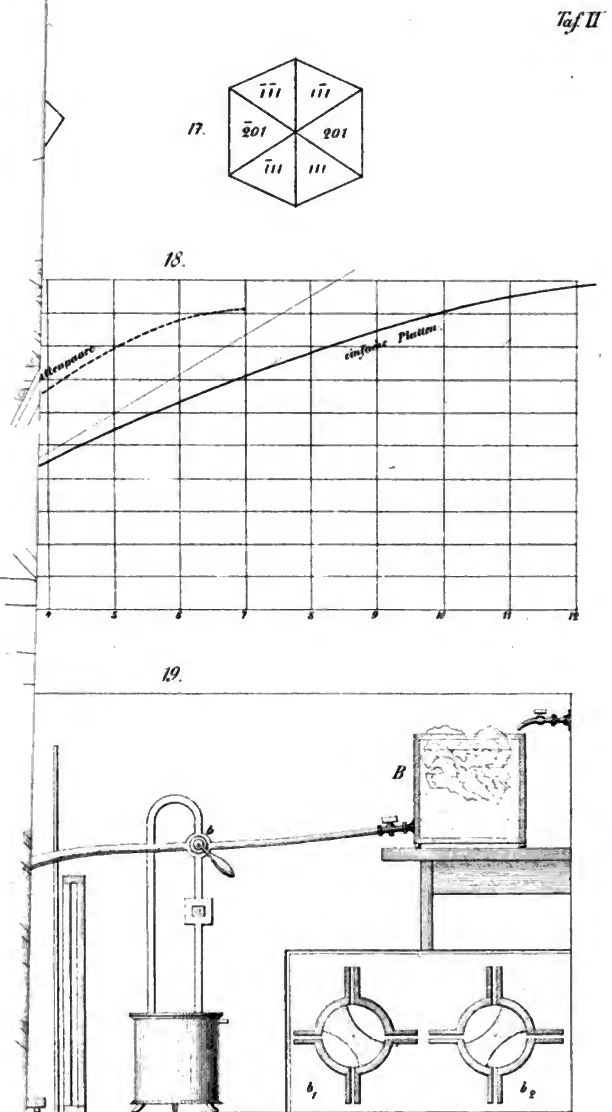
W.

Z.

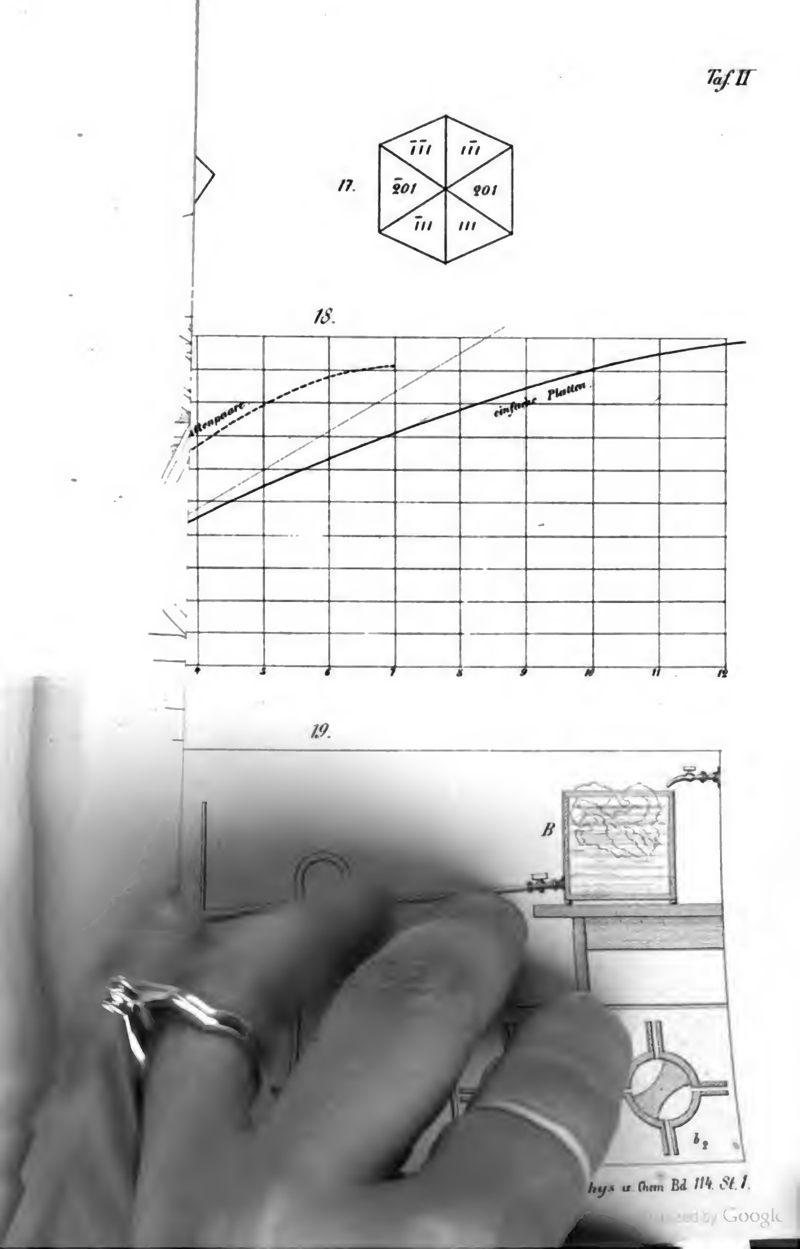


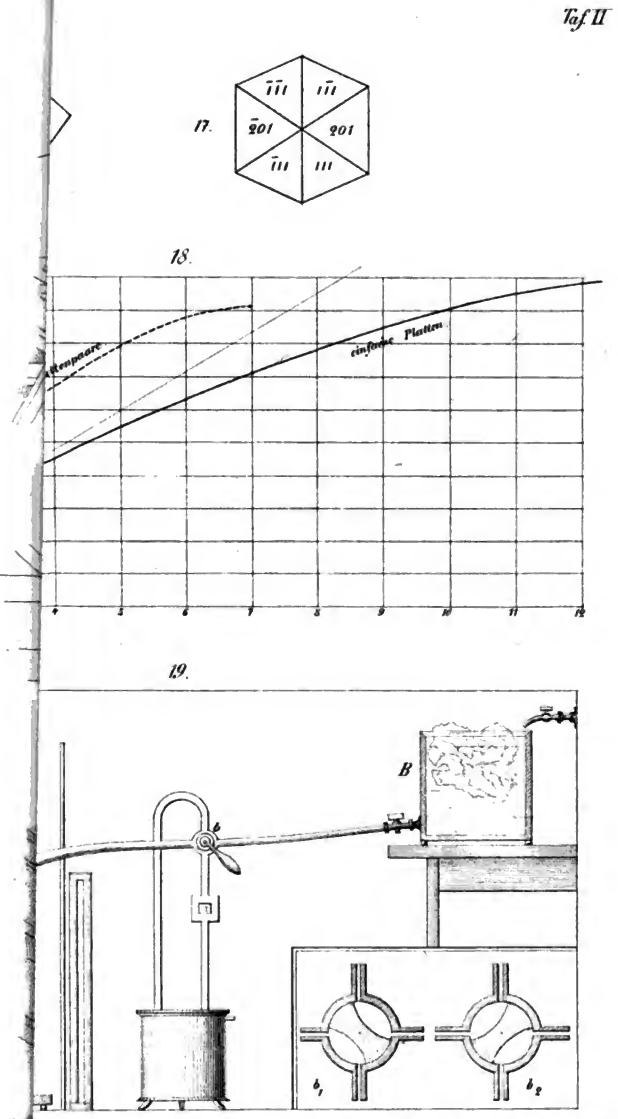
Taf. V.
Fig. 4
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.

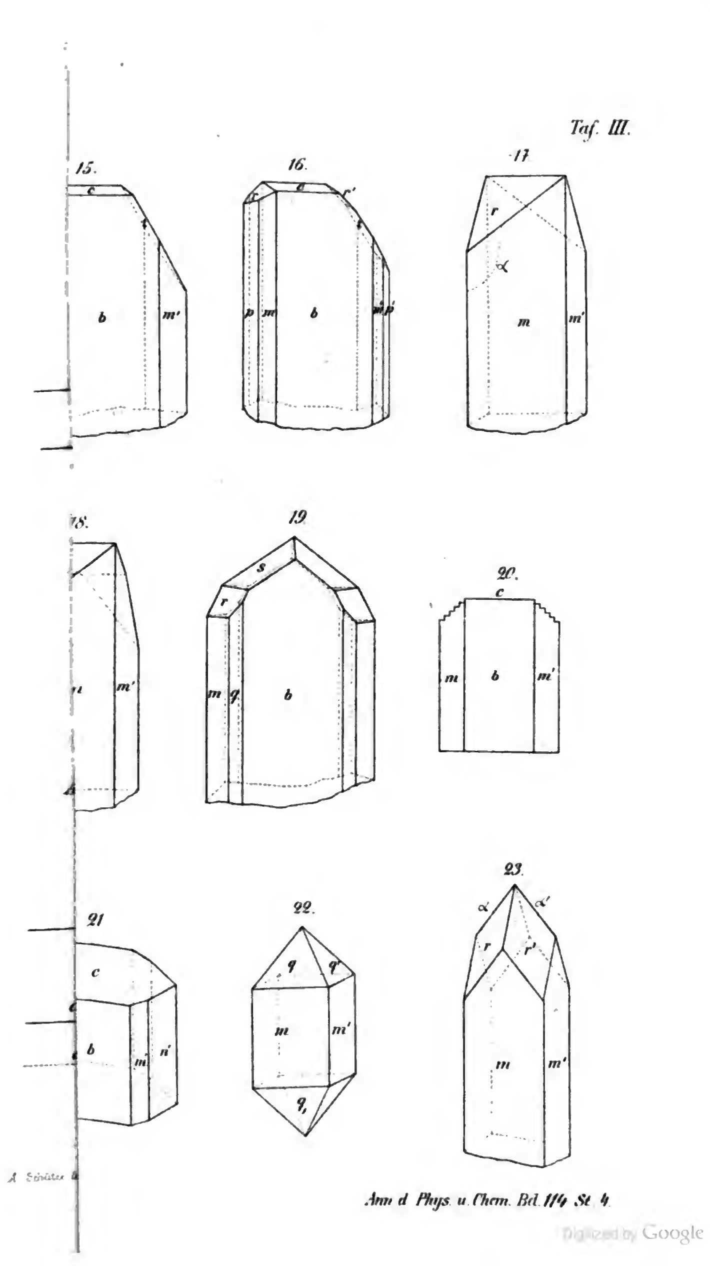

1.
A
I
A
a
9.
A
μ
b
a
B
p
d
13.
Digitized by Google


17.
1̄11̄
11̄1
2̄01
201
1̄11
111
18.
Altenpaare
einfache Platten
4
5
6
7
8
9
10
11
12
19.
B
b
b_1
b_2




17.
$\bar{1}\bar{1}1$
$1\bar{1}1$
$\bar{2}01$
201
$\bar{1}11$
111
18.
...attenpaare.
einfache Platten.
4
5
6
7
8
9
10
11
12
19.
B
b_2


17.
111
111
201
201
111
111
18.
Plattenpaare
einfache Platten
4
5
6
7
8
9
10
11
12
19.
B
b
b_1
b_2


15.
c
t
b
m'
16.
c
r'
t
p
m
b
m
p'
17.
r
α
m
m'
18.
m'
19.
s
r
m
q
b
20.
c
m
b
m'
21
c
b
m
n'
22.
q
q'
m
m'
q,
23.
α
α'
r
r'
m
m'
A. Schütze

6

